Geoinformationssysteme zur Lageanalyse und Risikobewertung

Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von
Brendel, Robert
aus
Frechen

Bonn 2012

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Klaus Greve
2. Gutachter: Prof. Dr. Gunter Menz
Fachnahes Mitglied: Prof. Dr. Nikolaus Froitzheim
Fachangrenzendes Mitglied: Prof. Dr. Jakob Rhyner

Tag der Promotion: 02.05.2012
Erscheinungsjahr: 2012

Danksagung

Wenn eine Dissertation endlich fertig ist und veröffentlicht wird, dann steht immer nur ein Name auf dem Buch. Jeder Dissertant weiß aber, dass letztendlich eine ganze Reihe von Menschen zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Und diesen Menschen möchte ich danken!

Herrn Prof. Dr. Klaus Greve gebührt der Basisdank dafür, dass er mich immer unterstützt und sein Vertrauen in mich gesetzt hat. Er ließ mich meine Kreativität entfalten, meine Ideen und Forschungsdrang frei umsetzen. Wenn ich noch kein Ziel sah, zeigte er mir wertvolle Hinweise auf, die es mir erlaubten, über den Tellerrand hinaus zu sehen. Des Weiteren stand er mir mit Rat bei der schriftlichen und gestalterischen Umsetzung der Dissertation zur Seite.

Ich bedanke mich auch bei meinen beiden Korrekturlesern Markus Knopp und Dr. Alexander Koenen-Dresp, die mir mit ihrem scharfen Verstand geholfen haben, meine Arbeit in einer sprachlich ansprechenden Weise zu gestalten.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Petra. Sie befreite nicht nur meine Dissertation von Schreibfehlern und wies mich auf Verständnisprobleme hin, sondern zeigte auch eine bemerkenswerte Akribie und eine enorme Ausdauer, mich in der gesamten Zeit meiner Dissertation zu unterstützen. Die Geduld mir zuzuhören und ihre Ermutigung in meinem Vorhaben haben mir beim Denken und Schreiben sehr geholfen.

Abstract

Geographic information systems for situational awareness and risk analysis purposes have become essential tools for the support of crises management. The term situation awareness means that a human is appropriately informed by organizations and technical systems and responds to important informational cues.

This document addresses the currently used systems, focusing on their specific strengths and weaknesses. State-of-the-art architectures and latest web technologies are used to create a baseline of requirements which describes a versatile and efficient system for situational awareness, while considering the obvious demand for security features.

This architecture enables spatio-temporal correlation and analysis which impacts analysis tools, the information model, the data model and used techniques. Spatio-temporal analysis is invaluable for studying event histories and predicting future incidents, which provides better information in both quantity and quality than the observation of a single event.

The structure of this paper follows the architectural 4+1 model by Philippe Kruchten. The architecture is meant to act as a reference model for existing and future systems.

Zusammenfassung

Geoinformationssysteme zur Lageanalyse und Risikobewertung sind ein wichtiges Werkzeug zur Unterstützung des Krisenmanagements. Sie liefern allen Beteiligten wichtige Hinweise und ermöglichen angemessene Reaktionen.

Diese Arbeit macht eine Bestandsaufnahme im Einsatz befindlicher Systeme. Auf Basis einer Stärken- und Schwächenanalyse dieser Systeme sowie Web-2.0-Technologien werden Anforderungen an ein idealtypisches und generisches System formuliert. Diese Anforderungen sind die Grundlage für den abschließenden Entwurf einer Architektur unter Berücksichtigung der notwendigen Sicherheitsanforderungen. Die Besonderheit der Architektur liegt in der Unterstützung von korrelierten Raum-Zeitanalysen.

Die systemunterstütze Korrelation der Ereignisse in den Dimensionen Raum und Zeit ist von zentraler Bedeutung, um aus den Zusammenhängen der Vergangenheit lernen und Vorhersagen für die Zukunft treffen zu können. Die ausschließliche Betrachtung des Ist-Zustandes reicht dazu nicht aus. Sie beeinflusst Analysewerkzeuge, Informationsmodell, Datenhaltung und anwendbare Techniken.

Der Aufbau der Arbeit und die Architektur folgen strikt dem 4+1 View Model nach Philippe Kruchten. Die Systemarchitektur ist als Designpattern und Referenzmodell für andere Systeme ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung

Informationssysteme zur Unterstützung von Krisenmanagementaufgaben haben sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einer unverzichtbaren Größe entwickelt. Die Darstellung von Ereignissen und eigenen Kräften auf einer Karte zur Identifikation der eigenen Lage besitzt eine noch längere Tradition [9]. Aktuelle Ereignisse wie der Hurrikan Katrina, das Elbe-Hochwasser in Dresden, die Erdbeben- und Tsunami-Katastrophe in Japan verdeutlichen die außerordentliche Bedeutung und Umfang der Systeme. Dennoch stellt sich die Systemlandschaft uneinheitlich und unübersichtlich dar, wird sie doch ausschließlich durch spezielle Lösungen geprägt. Es wird daher Zeit, die Geoinformationssysteme, die der Lageanalyse und der Risikobewertung dienen, auf Gemeinsamkeiten zu analysieren. Eine moderne und zukunftssichere Plattform muss entwickelt werden, die es auch in unerwarteten Szenarien erlaubt, den Überblick zu gewinnen, Risikomanagement zu betreiben und so die aktuelle Lage durch gezieltes Agieren zu beherrschen.

Stand in der Vergangenheit noch die Informationsgewinnung im Mittelpunkt des Bestrebens, so hat sich im Zeitalter der Vernetzung und Echtzeitsensorik die Fähigkeit der Informationsverarbeitung zur wichtigsten Aufgabe entwickelt. Tausende Einzelinformationen und Quellen müssen dazu miteinander korreliert werden. Häufig sind in der Analyse Raum- und Zeitbezug die einzigen bekannten Größen. Die Herausforderung steckt weniger in der Auswertung von Einzelinformationen als vielmehr in der Auswertung der Informationsbeziehungen zueinander.

Es erklärt sich von selbst, dass ein solches sicherheitskritisches System bereits im Design die wachsenden Anforderungen der IT-Sicherheit berücksichtigen muss. Die im Umfeld von Informations-

systemen allgemein akzeptierten Prinzipien “Need–to–Know” und “Need–to–Share” gilt es gegeneinander abzuwägen und so ein System zu schaffen, dass auch unter widrigen Umständen in der Lage ist, seiner Aufgabe gerecht zu werden. Diese Arbeit widmet sich dieser Aufgabe.

1.1. Zielsetzung

Diese Arbeit entwirft eine Architektur für ein Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung. Ziel der Architektur ist es, ein vereinheitlichtes, einfaches und sicheres System zu schaffen, in dessen Mittelpunkt die Unterstützung des Nutzers bei seinen Analyseaufgaben steht und gleichzeitig alle Anforderungen der IT-Sicherheit erfüllt. Das System soll auf modernen Internet-Technologien beruhen. Der Fokus liegt auf der Korrelation von Informationen aufgrund ihres Raum- und Zeitbezuges.

1.2. Grenzen der Betrachtung

Das Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung wird von anderen gleichartigen Systemen losgelöst betrachtet. Als wesentlich für die Interaktion mit anderen Systemen wird dabei die Festlegung von Schnittstellen zum Informationsaustausch identifiziert. Vorgangsbearbeitungs-, Dokumentenmanagement- und Kommunikationssysteme sowie ein Archiv werden als gegeben angenommen und nur die Schnittstellen zu den jeweiligen Systemkomponenten betrachtet.

1.3. 4+1 View Model

Der Aufbau dieses Dokumentes folgt logisch dem 4+1 View Model nach Philippe Kruchten [75]. Dieses Modell definiert fünf Betrach-

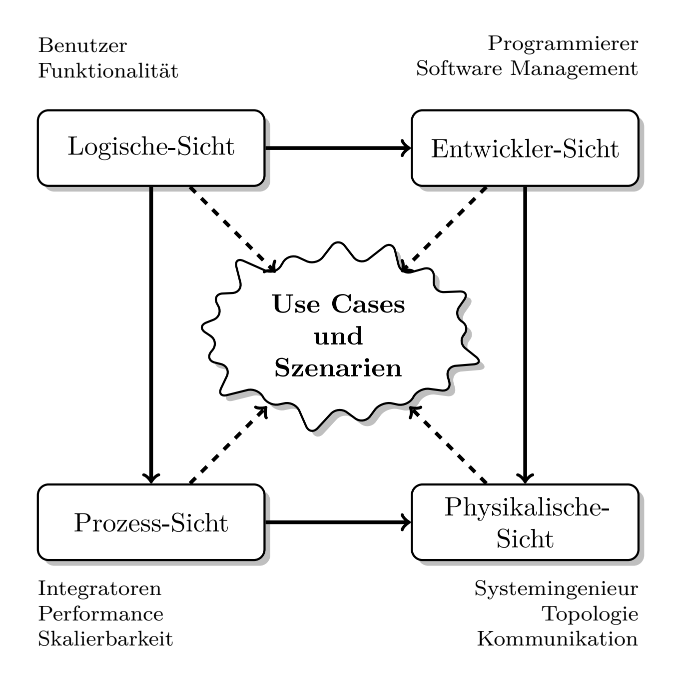


Abbildung 1.1.: Aufbau des 4 + 1 View Model nach Kruchten [75]

tungssichten ("Views"), mit deren Hilfe jede Architektur beschrieben werden kann:

1. **Szenarien und Use Cases:** Sie dienen der Illustration und Erläuterung der zuvor genannten Betrachtungssichten.

2. **Logische-Sicht:** Sie beschreibt die Funktionalitäten des Systems für den Benutzer.

3. **Entwickler-Sicht:** Sie beschreibt das System aus Sicht des Entwicklers und beschäftigt sich mit Software Management.

Typischerweise werden *Komponentendiagramme*, wie sie UML 2.3 [100, 99] definiert, zur Beschreibung genutzt.

4. **Prozess-Sicht:** Sie beschäftigt sich mit den dynamischen Eingenschaften des Systems, erklärt Systemprozesse und wie diese Informationen austauschen. *Aktivitätsdiagramme*, wie sie UML 2.3 [100, 99] definiert, können zur Beschreibung verwendet werden.

5. **Physikalische-Sicht:** Sie beschreibt die Abbildung der Software auf die eingesetzte Hardware sowie deren Verteilung. Typischerweise werden *Schichtmodelle*, wie sie UML 2.3 [100, 99] definiert, für die Beschreibung verwendet.

Abbildung 1.1 verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen den Betrachtungssichten.

1.4. Aufbau der Arbeit

Eine Beschreibung der Zielsetzung dieser Arbeit, eine Einführung in den Aufbau der Kapitelstruktur sowie die Definition grundlegender Begrifflichkeiten wird in Kapitel 1 (Einführung) gegeben. Abbildung 1.2 verdeutlicht den Aufbau graphisch.

In Kapitel 2 (Fallstudien) werden zunächst eine Reihe bestehender Systeme analysiert, die in den späteren Kapiteln als Referenzen für Beispiele und Szenarien herangezogen werden. Auf Basis der Analyse der bestehenden Systeme werden Anwendungsfälle spezifiziert. Das Kapitel macht die Notwendigkeit der Verwendung spezieller Technologien deutlich.

Teil der grundlegenden Anforderung an die Architektur ist die Verwendung von Technologien, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Zum besseren Verständnis der Techniken und der Standards, die für die Architektur von Bedeutung sind, werden diese im Kapitel 3 (Stand der Technik) jeweils kurz erläutert.

Das Kapitel 4 (Systemanforderungen) greift die Spezifikation der Anwendungsfälle und wegweisenden Technologien auf und formuliert

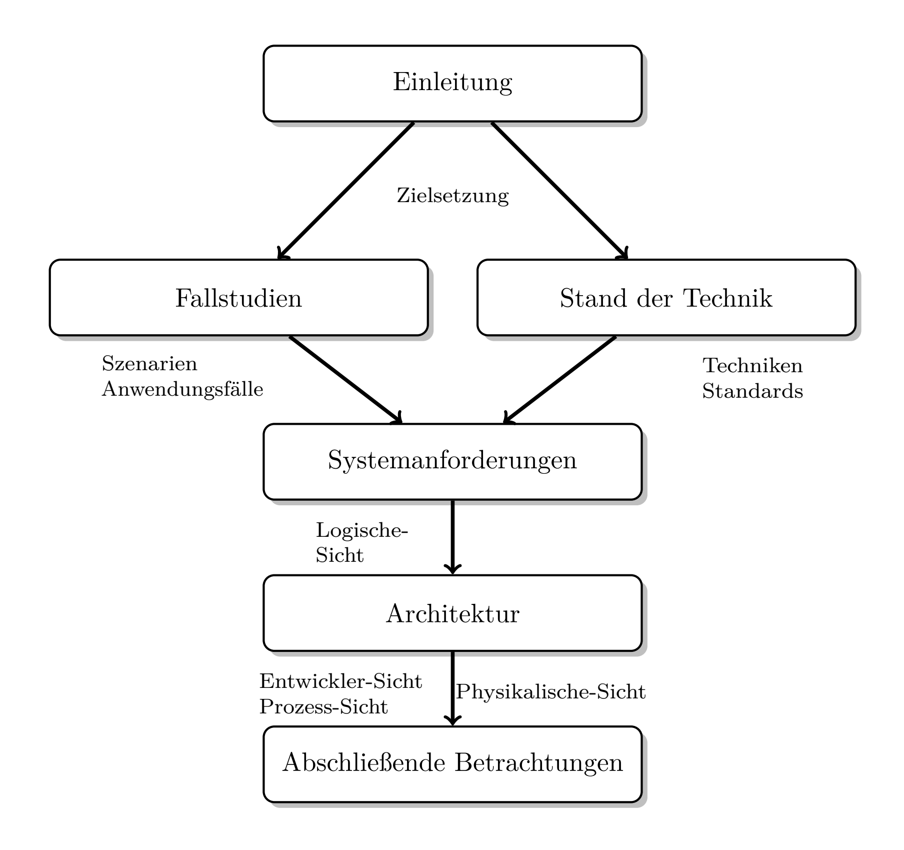


Abbildung 1.2.: Struktureller Aufbau des Dokuments

Systemanforderungen ("Requirements"). Die Betrachtung von Anforderungen ist ein wesentlicher Bestandteil der Logischen Sicht des 4+1 View Model.

Die Systemarchitektur wird in Kapitel 5 (Architektur) entworfen. Dieses Kapitel gliedert sich nach den drei verbleibenden Betrachtungssichten Entwickler-Sicht (Kapitel 5.1), Prozess-Sicht (Kapitel 5.2) sowie Physikalische-Sicht (Kapitel 5.3).

Schließlich gibt das Kapitel 6 (Abschließende Betrachtungen) eine Zusammenfassung sowie einen Ausblick auf zukünftiges Entwicklungspotential.

1.5. Forschungsprozess

Neben der Betrachtung gemäß 4+1 Modell gibt es noch eine zweite Sicht auf die Beschreibung der Architektur, die dem Forschungsprozess entspricht. Dieser verläuft in drei Phasen:

1. Recherche
2. Ermitteln der Anforderungen
3. Erstellen der Architektur

Diese Phasen werden von zwei parallelen Forschungssträngen durchlaufen, die im Entwurf der Architektur zusammenlaufen:

1. *Konsolidierung:* Ziel der Forschungsarbeit ist es zunächst, die Fähigkeiten existierender Lösungen festzuhalten und in einem generischen System zusammenzuführen. Das Vorgehen in diesem Strang verläuft *analytisch* geprägt.

   Die wesentliche Schritte dieses Stranges hin zur Architektur bestehen aus einer Analyse von Fallbeispielen, Überführen der erkannten Fähigkeiten der Beispielsysteme in Systemanforderungen und schließlich die Ausarbeitung eines Architekturdesigns, das die Systemanforderungen implementiert.

2. *Optimierung und Weiterentwicklung:* Das Zielsystem wird für den Einsatzzweck als modernes und sicheres Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung optimiert; die korrelierte Analyse der Informationen des Systems wird ermöglicht. Das Vorgehen in diesem Strang verläuft vorwiegend *axiomatisch* geprägt.

Die wesentliche Schritte auf diesem Strang sind die Definition von Anwendungsfällen, die Analyse möglicher Lösungstechnologien, die Aufstellung von konzeptionellen Systemanforderungen und Anforderungen der IT-Sicherheit sowie schließlich die Realisierung der Anforderungen in einer Architektur.

1.6. Begriffsbestimmungen

Für ein einheitliches Verständnis werden nachfolgend einige grundlegenden Begriffe bestimmt.

1.6.1. Lageanalyse

In der Literatur stammt die verbreitetste Definition des Begriffs der Lageanalyse (engl. "Situation Awareness") von Mica Endsley aus dem Jahr 1995. Er definierte diese wie folgt:

> "The perception of elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future." (aus [37] Seite 36)

Die Lageanalyse ist also die *Wahrnehmung von Ereignissen*, die in der *Umwelt* geschehen mit einer *zeitlichen und räumlichen Ausdehnung*, das Verständnis ihrer Bedeutung und ihres *Zustandes in der nahen Zukunft*.

1.6.2. Risikobewertung

Die Risikobewertung beurteilt auf Grundlage einer Risikoanalyse, ob ein Risiko unter den gegebenen Rahmenbedingungen akzeptabel ist und eventuelle Restrisiken vertretbar sind.

Das Wort "Risiko" leitet sich von frühitalienischen "risicare", das "wagen" bedeutet, ab. Es ist definiert als die Beschreibung eines Ereignisses mit der Möglichkeit negativer Auswirkungen (Schaden).

Mathematisch wird es als Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dessen Konsequenz (z.B. Kosten, Zeit, etc.) beschrieben[147].

Risikomanagement ist die systematische Erfassung und Bewertung von Risiken sowie die Reaktionen auf ein erkanntes Risiko. Es wird zum Beispiel in der DIN EN ISO 14971 definiert.

Die Risikoanalyse besteht aus der Identifikation der Risiken, der Bewertung der Risiken sowie dem Risikomanagement.

1.6.3. IT-Architektur

Eine IT-Architektur beschreibt die statischen (z.B. Komponenten, Schnittstellen, Beziehungen untereinander) und dynamischen (Kommunikation) Aspekte und Strukturen eines IT-Systems. Bildlich ist eine IT-Architektur der Bauplan eines IT-Systems[127, Seite 341],[75].

Die IT-Architektur definiert wiederverwendbare und zuverlässige Prozesse, Komponenten und Verfahrensweisen für die Bereitstellung und den Betrieb der IT, die zur Umsetzung der Anforderungen einer modernen Verwaltung benötigt werden. Hierdurch ist es möglich, die Geschwindigkeit, mit der die IT komplexe Lösungen bereitstellt, zu beschleunigen. So kann eine IT-Architektur die Kosten der Abwicklung von IT-gestützten Verwaltungsverfahren durch eine Optimierung der Kosten für den Einkauf, den Support, die Wartung und Schulung sowie durch die Wiederverwendung von IT-Komponenten und Ressourcen deutlich senken. Durch die zusammenführende Sicht ermöglicht die IT-Architektur, das vorhandene Potenzial auszunutzen und unterstützt die Konsolidierung und Optimierung von Prozessen, Geschäftsfunktionen und Daten.

Eine IT-Architektur ähnelt einem Bebauungsplan für die Stadtplanung. Der Bebauungsplan ist als zentraler Leitfaden für die vielen an der Errichtung und Instandhaltung der städtischen Infrastruktur beteiligten Personen und Gruppen zwingend erforderlich. Städteplaner stellen mit diesem Plan sicher, dass die Entwicklung der Stadt in geordneten Bahnen erfolgt und den begrenzten Ressourcen der Stadt Rechnung getragen wird. Analog zum städtischen Bebauungsplan

gibt die IT-Architektur eine Leitlinie für alle an der Planung und dem Betrieb von IT-Systemen und Infrastrukturen Beteiligten.

2. Fallstudien

Dieses Kapitel beschreibt und identifiziert und beschreibt zunächst eine Reihe operativ in Benutzung befindlicher Systeme. Die Beschreibungen und Bewertungen der Systeme resultieren aus einer vor Ort Besichtigung der jeweiligen Systeme, bei der stellvertretend für die Nutzer ein Ansprechpartner interviewt wurde. Der Katalog mit Fragen, auf der die Besichtigung der jeweiligen Systeme beruhte, kann aus Anhang A entnommen werden. Für jedes dieser Systeme wurde eine SWOT[1]-Analyse durchgeführt, die die Stärken und Schwächen der jeweiligen Systeme benennt und in einem SWOT-Diagramm gegenüberstellt.

Auf die Analyse der Fallbeispielen folgt eine Definition von Anwendungsfällen, die für das Verständnis beitragen, wie Lageanalysen und Risikobewertungen durchgeführt werden. Das abschließende Fazit fasst die Erkenntnisse aus der Analyse der Beispielsysteme und den Anwendungsfällen zusammen und gibt einen Ausblick an welchen Stellen diese Erkenntnisse Verwendung finden werden.

Die Analyse der Beispielsysteme ("Szenarien") und die Beschreibung der Anwendungsfällen ("Use Cases") folgen dem 4+1 View Model.

2.1. Szenarien

Systeme zur Lageanalyse und Risikobewertung sind nicht neu. Eine Vielzahl von Systemen für unterschiedlichste Szenarien sind durch die Bundes- und Landesbehörden mit industrieller Unterstützung in

[1] Strengths, Weaknesses, Opertunities, Threats; dt. Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken

den vergangenen Jahren entwickelt worden [vgl. 57, 77, 128]. Bedingt durch den Hype um Navigationssysteme und die im Internet frei verfügbaren Geoinformationssysteme, wie zum Beispiel Google Earth oder Open Street Maps, haben kartenähnliche Darstellungen in die Systeme Einzug gehalten. Der Grad der Integration variiert sehr stark zwischen den Systemen.

Für die GIS Community ist die Integration von vorgangsgetriebene Erfasssungssystemen, Einsatztagebüchern, Dokumentenmanagementsystemen sowie die Anbindung von Ressourcenmanagementsystemen neu. Die GIS-Komponente dient ausschließlich der Visualisierung der in den anderen Systemen erfassten Datensätze. Im Mittelpunkt steht die aktuelle Lage mit ihren auftretenden Vorfällen (Incidents).

Die aktuell im Einsatz befindlichen Systeme von Hochwasserschutz, Polizei, Katastrophenschutz und Rettungsdienst wurden aufgesucht und die jeweiligen Systemverantwortlichen zu ihren Systemen befragt. Zusammen mit der Systembeschreibung werden die Komponenten und Schnittstellen, aus denen diese bestehenden, näher beschrieben. Stärken und Schwächen der Systeme werden am Ende der jeweiligen Systembeschreibung diskutiert und in einem SWOT-Diagramm gegenübergestellt.

SWOT-Analysen

Das Mittel der SWOT-Analyse wird nachfolgend für jedes beschriebene Beispielsystem verwendet, um die Stärken und Schwächen jedes Systems gegenüberzustellen. Die gewählte Darstellungsform als SWOT-Diagramm fasst die Ergebnisse der SWOT-Analyse übersichtlich zusammen und macht diese über die verschiedenen Systeme hinweg vergleichbar. Die SWOT-Analyse unterstützt die strategischen Planung. Sie wurde von Dürer [34] am Standford Research Institute entwickelt. Das englischsprachiges Akronym SWOT setzt sich zusammen aus:

- *Strengths* (Stärken): Eigenschaften des Systems, die dem speziellen System einen Vorteil gegenüber anderen Systemen verschaffen.

- *Weaknesses* (Schwächen): Eigenschaften des Systems, die das spezielle System gegenüber anderen Systemen benachteiligen.
- *Opportunities* (Chancen): Chancen, die das System verbessern bzw. ihm einen Vorteil verschaffen können.
- *Threats* (Risiken): Einflüsse, die dem System Schaden zufügen können.

Dürer [aus 34, Seite 3] beschreibt die Vorgehensweise wie folgt: “In einem ersten Schritt müssen die Kriterien definiert werden, welche zur Lagebeurteilung herangezogen werden. Dabei sind die Ursachen und nicht die Symptome zu erfassen. Der nächste Schritt besteht darin, die Kriterien zu gewichten und zu beurteilen.”

Das Ergebnis der SWOT-Analyse wird in einem SWOT-Diagramm dargestellt. Das SWOT-Diagramm ist eine Matrix, die die Stärken und Schwächen den Chancen und Risiken gegenüberstellt. Die SWOT-Analyse ist ein bewährtes Werkzeug des Projektmanagements [vgl. 17, 34].

2.1.1. Fliwas

Das “Flut-Information- und Warnsystem” Fliwas erlaubt die Erfassung von Alarm- und Einsatzplänen für den Hochwasserschutz in den Kommunen. Es wird durch die Deutsch-Niederländische Projektgruppe NOAH[2] entwickelt. Zusätzlich sind Experten aus Irland, Frankreich, Schottland und Polen als Beobachter mit eingebunden.

Die deutsche Seite des Konsortiums wird durch die Hochwasserzentrale Köln und für das Bundesland Baden-Württemberg durch das Regierungspräsidium Karlsruhe vertreten. Auf der Seite der Niederlande sind der Forschungsverband für Wasserwirtschaft, vier niederländische Wasserbehörden und Rijkswaterstaat RIZA beteiligt. Ziel des Projektes ist es, die gesamte Informationsfülle im Hochwasserfall zu bewältigen. Diese Informationen sollen nahezu in Echtzeit vor,

[2]Der Projektname ist eine Anspielung auf die Arche Noah.

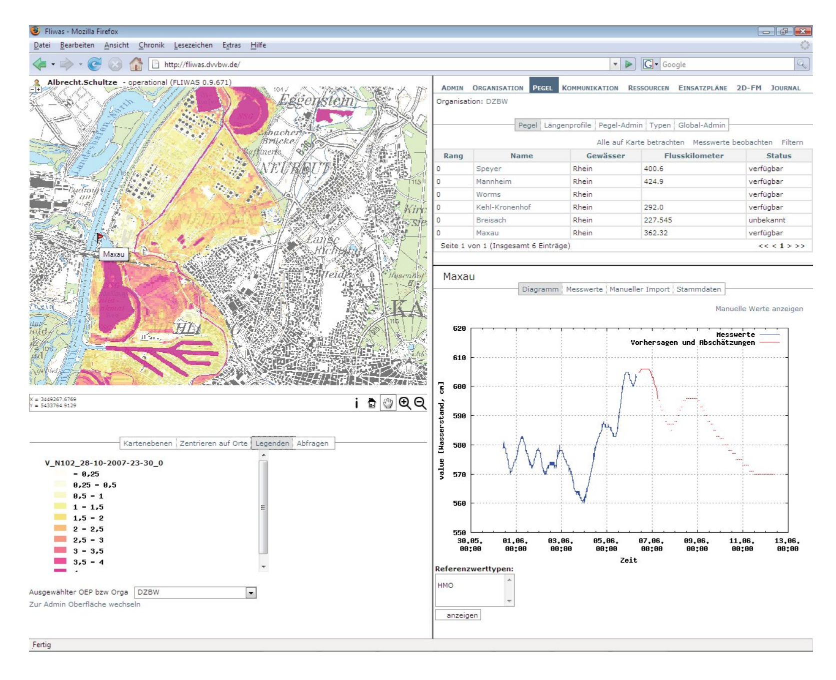


Abbildung 2.1.: Darstellung der Pegelstände in Fliwas [aus 121, Seite 135]

während und nach Hochwasserereignissen möglichst einfach bereitgestellt werden. Mit der technischen Realisierung ist die Firma Leiner & Wolff GmbH in Heidelberg beauftragt. Eine Projektbeschreibung ist online im Internet [55] verfügbar. Die Abbildung 2.1 vermittelt einen ersten Eindruck der Systemoberfläche.

Systembeschreibung

Das System richtet sich in erster Linie an die Fachbehörden und deren Krisenstäbe, soll aber auch der Information der Bevölkerung und der Medien dienen. Es ist ausgelegt für maximal 100 Benutzer. Für jeden

Krisenstab kommt eine eigene Instanz zum Einsatz. Fliwas bietet seine Dienste über das Internet an. Der Zugang ist benutzerbezogen und durch Passwörter abgesichert.

Der Aufbau von Fliwas ist modular. Derzeit stehen dem Nutzer sechs Module zur Verfügung:

1. Kartenähnliche Darstellung (GIS)
2. Pegelstände
3. Kommunikation (EMail)
4. Vorgefertigte 2D-Flutungsmodelle
5. Ressourcenverwaltung
6. Alarm- und Einsatzpläne

Fest integriert ist ein GIS, das es ermöglicht, die aktuelle Lage auf unterschiedlichen Kartengrundlagen und Satellitenbildern darzustellen. Zusätzliche Informationen wie Dammbrüche, Depots, Straßensperren und Gefahrenschwerpunkte lassen sich auf Layern[3] über dem Kartenhintergrund darstellen. Diese Orte lassen sich mit Einträgen in den Alarm- und Einsatzplänen verknüpfen.

Das Modul der Pegelstände stellt in regelmäßigen Abständen aktualisierte Pegelstände und Vorhersagen der nächsten 18 Stunden tabellarisch dar. Eine Darstellung in der Lagekarte ist bislang nicht geplant.

Die Kommunikation der Fliwas-Nutzer untereinander erfolgt über ein integriertes Mailsystem. Für die schnelle Kommunikation sind bereits Vorlagen für verschiedene Meldeformate hinterlegt. Darüber hinaus ist es möglich eine Koordinate aus dem GIS-Modul auszulesen und an die EMail anzuhängen. Vorberechnete, statische 2D-Flutungsmodelle lassen sich im GIS über die Karte blenden. Auf diese Weise lassen sich Gefahrenschwerpunkte leicht erkennen. Die

[3] Layer sind digitale Folien eines Kartenwerkes, die über eine Grundkarte (Basemap) geblendet werden.

Berechnung der Flutungsmodelle erfolgt extern in der Hochwasservorhersagezentrale.

Die Ressourcenverwaltung nimmt eine Vielzahl von Informationen auf, die im Hochwasserfall einmal nützlich sein könnten. Diese Informationen gliedern sich in

1. Formate
   a) Dateien aller Art und
   b) Verweise auf Internetseiten,
2. Inhalte
   a) Wichtige Ansprechpartner mit Erreichbarkeiten,
   b) Depots für z.B. Sand, Sandsäcke, Hochwasserstege,
   c) Wichtige Orte wie z.B. Krankenhäuser und Chemische Betriebe sowie
   d) Hilfsmittel wie z.B. Bagger, LKWs und Boote.

Die Verwaltung der Alarm- und Einsatzpläne ist das Zentralstück von Fliwas. Einsatzpläne können erstellt, fortgeschrieben und im Hochwasserfall abgerufen werden. Dabei lassen sich die Maßnahmen sowohl mit Koordinaten versehen als auch mit Ereignissen und Pegelständen verknüpfen. So ist Fliwas in der Lage, automatisch zu bestimmen, welche Maßnahmen als nächstes getroffen werden müssen. Entgegen der ursprünglichen Zielsetzung des Projektes ist die Information der Öffentlichkeit in einem eigenen System mit weniger und anderen Informationen realisiert worden.

Stärken und Schwächen

Die größten Vorteile des Fliwas Systems liegen vorwiegend in der einheitlichen Verfügbarkeit der Informationen an jedem beliebigen Ort mit Onlineanbindung. Auch besticht das System durch eine einfache Handhabung. In einer ersten Übung wurde besonders von den Mail-Funktionalitäten und der Ressoucenverwaltung als Nachschlagewerk

Gebrauch gemacht. Die Lagekarte ist sehr klein ausgefallen und trat beim Test eher in den Hintergrund.

Die Nutzer sahen die große Nachteile in der Abhängigkeit von einem Internetzugang. Weitere Nachteile liegen in der noch ausstehenden Prozessautomatisierung, die die Pegelstände in regelmäßigen Abständen abholt. Aus Sicht der Hochwasserschutzzentrale tritt das Fliwas-System mit dem *Informationssystem Gefahrenabwehr Nordrhein-Westfalen* (IG NRW) in Konkurrenz. Welches der beiden Systeme sich letztendlich durchsetzen, wird ist noch nicht absehbar. Hauptnutzer dieses Systems ist die Feuerwehr in NRW. Das IG NRW wird in Kapitel 2.1.3 näher beschrieben. Tabelle 2.1 stellt die Stärken und Schwächen des Fliwas-Systems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

2.1.2. DeNIS II Plus

Das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem (DeNIS II Plus) ist ein System des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK). Es informiert über Gefahrenarten, Möglichkeiten der Gefahrenabwehr sowie über personelle und materielle Hilfeleistungspotentiale.

Systembeschreibung

Das Portal besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil ist für die Öffentlichkeit zugänglich. Er bietet eine breite Fülle an Links zu Daten aus den Bereichen Katastrophenschutz, Zivilschutz und Notfallvorsorge. Des Weiteren werden Informationen von Behörden, Hilfsorganisationen, Instituten und Verbänden sowie Hinweise für die Bevölkerung über Vorsorgemaßnahmen und Verhaltensregeln bei Katastrophen geordnet bereitgestellt.
Der zweite Teil richtet sich an die Führungsebenen des Bundes und der Länder einschließlich der Kreisebenen sowie deren Krisenstäbe. Allem voran steht das gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern. Es besteht aus einer JAVA-basierten Anwendung,

Fliwas	Stärken	Schwächen
Chancen	• gute Handhabung • Alarm- und Einsatzpläne • Dokumenten- und Ressourcenmanagement • Kommunikation • mehrsprachige GUI	• keine Zeitüberwachung für Eskalation von Meldungen und Aufträgen • viel manuelle Arbeit notwendig • Pegelstände nur tabellarisch • Abhängigkeit von einem Internetzugang
Risiken	• erst mit Beginn einer Lage werden Ereignisse und Meldungen erfasst	• nur auf den Hochwasserschutz zugeschnitten • GIS nur schwach eingebunden

Tabelle 2.1.: SWOT-Diagramm des Fliwas-Systems

die mittels eines Anwendungsserver ausgeführt wird. Sieben Module stehen zur Verfügung:

1. Modul: Lageerfassung

   In dem Lagerfassungsmodul können eingetretene Schadensereignisse erfasst und mit einer räumlichen Ausdehnung (Geometrie) hinterlegt werden (siehe Abbildung 2.2). Daneben lassen sich Einrichtungen und Funktionsplätze, die an der Lage beteiligt sind, erfassen.

2. Modul: Meldemanagement

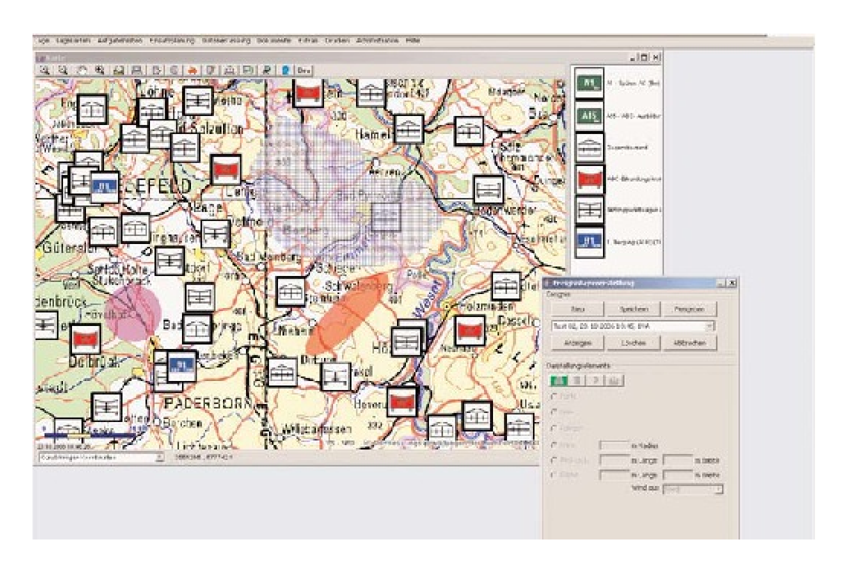


Abbildung 2.2.: Lagedarstellung in DeNIS II Plus

Das Meldemanagement erlaubt es, formatierte Meldungen zu erfassen und diese an ausgewählte Gruppen zu verteilen. Des Weiteren können Aufträge formal erstellt und zugestellt werden. Meldungen und Aufträge sind mit Statusinformationen hinterlegt, so lässt sich der Grad der Erfüllung bereits in den Meldelisten nachvollziehen.

3. Modul: Datenerfassung und Ressourcenmanagement

   Damit überhaupt eine Lage geführt werden kann, ist es von besonderer Wichtigkeit, alle zur Verfügung stehenden Ressourcen dem System bekannt zu machen. Dazu werden alle personellen, materiellen und infrastrukturellen Hilfeleistungspotentiale im System erfasst.

4. Modul: Einsatzplanung

Ereignis- und ortsbezogene Einsatzunterlagen werden zur Vorbereitung des Einsatzfalles zusammengetragen und im System unter einem "Alarmierungsstichwort" hinterlegt. Dies können zum Beispiel Notfallpläne von Objekten, vorbereitete Lagekarten mit bekannten Absperrbezirken oder Checklisten mit Aufgabenverteilungen für dedizierte Rollen sein.

5. Modul: Archivierung

   Die Lagekarten werden mit dem Abschluss der des Einsatzes zusammen mit den Meldelisten archiviert. In einem Einsatztagebuch werden die wichtigsten Ereignisse, die maßgeblich zur Lageentwicklung beigetragen oder die Entscheidungsfindung beeinflusst haben, manuell dokumentiert.

6. Modul: Bibliothek

   Dokumente werden in einer digitalen Bibliothek kategorisiert hinterlegt. Der Anwender kann sie mittels Abruf einer bestimmten Kategorie oder eine Volltextsuche recherchieren.

7. Modul: Systemadministration

   Das letzte Modul "Systemadministration" dient ausschließlich der Grundkonfiguration des Systems. In diesem Modul können Rollen definiert und mit Systemberechtigungen (zum Beispiel Lesen oder Schreiben) hinterlegt werden. Auch die Benutzerverwaltung erfolgt aus diesem Modul heraus.

Corr [29] und Münkewarf [90] geben einen detaillierten Einblick in den Funktionsumfang von DeNIS II Plus. Eine Einführung in das Informationssystem kann [146] entnommen werden. Neusser [95] identifiziert die wichtigsten Funktionen in einem Überblickartikel. Die Motivation für das Projekt beschreibt Stein [128].

Stärken und Schwächen

Lagen in DeNIS II Plus benötigen einen definierten Anfang und ein definiertes Ende: Der Grundzustand des Systems ist der Ausgangs-

DeNIS II Plus	**Stärken**	**Schwächen**
Chancen	• Archiv vorhanden • Ressourcen-management • Lageerfassung • Bibliothek • Interaktion mit IG NRW • Rollenkonzept	• manuelle Pflege der Meldungen
Risiken	• keine Sensordaten • wenig Automatismen	• keine parallelen Lagen • Rücksetzen des Gesamtsystems bei Lageabschluss

Tabelle 2.2.: SWOT-Diagramm des DeNIS II Plus-Systems

punkt einer jeden Lage. Zu diesem Zeitpunkt wird ausschließlich der Grundbestand des Systems gepflegt. Dies ist der Zeitpunkt an dem Einsatzpläne entworfen werden. Erst mit Beginn einer Lage werden Schadensereignisse erfasst und Meldungseingänge bearbeitet. Wird die Lage beendet, so wird das System wieder in seinen Urzustand zurückgesetzt. Das gleichzeitige Führen mehrerer unabhängiger Lagen ist im System nicht möglich. Zwar sind Meldungen und Aufträge mit Statusinformationen versehen, dennoch sieht das System keine Automatismen der Eskalierung oder der Zeitüberwachung vor. Das System steht und fällt mit dem Detaillierungsgrad, zu dem die angeschlossenen Organisationen gewillt sind, ihre Daten händisch einzugeben.

Die Aufnahme von automatisch aufgezeichneten Sensordaten sieht das System nicht vor.

Ausgeprägt ist die archivierende Komponente. Lagen müssen bei ihrem Abschluss noch einmal aufbereitet werden, bevor sie archiviert und in die Bibliothek eingestellt werden. Bedauerlicherweise erfolgt die Erfassung des Einsatztagebuches nur halbautomatisch.

Tabelle 2.2 stellt die Stärken und Schwächen des DeNIS II Plus-Systems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

2.1.3. IG NRW

Die Abkürzung IG NRW steht für das Informationssystem zur Gefahrenabwehr in Nordrhein-Westfalen. Das Innenministerium lehnte eine Besichtigung ab. Daher sind die nachfolgenden Angaben und Informationen zu IG NRW den LDVZ[4] Nachrichten [92] entnommen worden, die im Internet veröffentlicht wurden. Weitere Informationen stammen aus dem Benutzerhandbuch von IG NRW [94].

Systembeschreibung

IG NRW bildet einen Informations- und Kommunikationsverbund, der das Krisenmanagement bei großflächigen Gefahrenlagen unterstützen soll. Dazu werden die Informationen gebündelt, aufbereitet und in Form einer interaktiven Lagekarte bereitgestellt. Zielgruppe sind alle mit der Gefahrenabwehr in NRW betrauten Stellen in der Verwaltung und bei den Feuerwehren einschließlich THW. Die Objektschutzdatei, klassifizierte Straßen- und DB-Bahnnetz, die Online-Pegelstände, Schutzgebiete und Siedlungsschwerpunkte sind als NRW spezifische Informationen aufgenommen worden. Ressourcen, wie zum Beispiel die Ausstattung einer Feuerwehr, sind geographisch referenziert abgelegt. Die Übergabe von Daten an DeNIS II Plus, als übergeordnetes System des Bundes, ist ein integraler Bestandteil von IG NRW. Kapitel 2.1.2 beschreibt DeNIS II Plus näher.

[4] Herausgeber ist die Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) in der Funktion als Landesdatenverarbeitungszentrale (LDVZ).

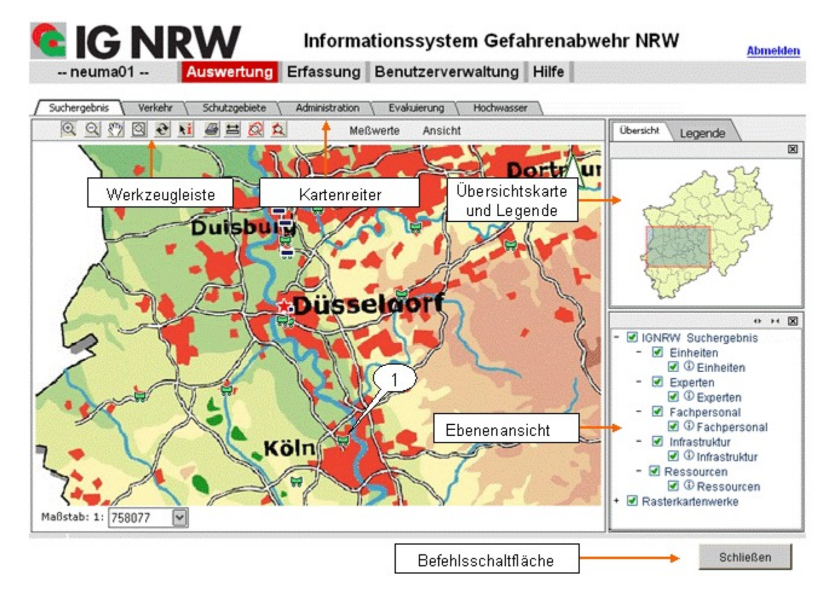


Abbildung 2.3.: Das Auswertemodul in IG NRW [aus 76]

Das IG NRW[5] ist eine web-basierte J2EE-Anwendung. Die GIS-Komponenten basieren auf dem ArcGIS Server der Firma ESRI. Als Application-Server und Middleware wird Tomcat eingesetzt.

Die Anwendung ist in die Bereiche Auswertung (siehe Abbildung 2.3), Meldewesen, Erfassung und Benutzerverwaltung unterteilt. Das System unterstützt die zwei implementierten Rollen “Benutzer” und “Administrator”. Die Funktionalitäten der Benutzerverwaltung sind den Administratoren vorbehalten. Benutzer können neue Ressourcen erfassen. IG NRW unterscheidet Ressourcen in den Typen Fahrzeuge, Material und Sonstiges. Je nach Typ werden unterschiedliche Attribute im System nachgehalten. Damit andere Nutzer bei ihren

[5] IG NRW ist sowohl im TESTA-Netz der Kommunen als auch im Internet unter http://www.ig.nrw.de erreichbar.

Suchen die neu erfassten Ressourcen auffinden können, müssen diese aus Gründen der Qualitätssicherung als freigegeben markiert werden. Dem System bereits bekannte Ressourcen können abgeändert und entfernt werden. Auch ein Massenimport von Ressourcen aus externen Datenbanken ist mittels vordefinierter XML-Dateien möglich.

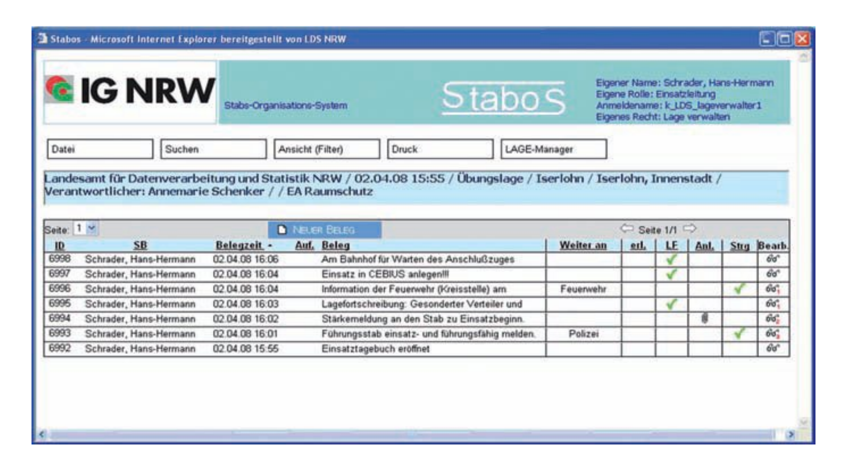


Abbildung 2.4.: Screenshot aus STABOS@IG NRW. Er ist dem Artikel [93] entnommen.

Personen können als "Experten" im System hinterlegt werden. Experten werden in Organisationen gruppiert. Die Adressdaten der Experten und Organisationen werden zur Verortung benutzt. Die Eingabe der Adressen wird durch einen GIS-Client unterstützt. Karten und Luftbilder stehen in verschiedenen Maßstäben zur Auswahl. Auch die Erfassung von Einheiten, Infrastruktur und Fachpersonal wird durch das System unterstützt. Die Lokalisierung bzw. Verortung ist über Adressenangabe oder Selektion in der Karte möglich.

Die Anwendung STABOS@IG NRW[93] steht den Anwendern der Organisationstypen Kreis, kreisfreie Stadt, Bezirksregierung und Land zur Verfügung. Der Name des Systems setzt sich aus der Be-

zeichnung “Stabs-Organisations-System” zusammen. Es handelt sich um eine Weiterentwicklung der Anwendung Polizei-STABOS.

Kernstück der Applikation ist ein Einsatztagebuch, das die Belege einer Krisenlage sammelt. Die Belege sind chronologisch geordnet. Diese Meldungen werden gesichtet, an zuständiges Funktionspersonal weitergeleitet und mittels Bearbeitungsvermerken fortgeschrieben. Abbildung 2.4 gibt einen visuellen Eindruck. Ein Rollenkonzept stellt sicher, dass alle Meldungen personenunabhängig der richtigen Funktion zugestellt werden. Ein Mail-Gateway erlaubt die Wandlung von EMails in Belege sowie den Versand von Belegen als EMails.

Stärken und Schwächen

Ausgehend von den Informationen der System-Dokumentation erscheint das Einsatztagebuch sehr ausgereift. Es bietet reichhaltige Funktionalitäten, die den Benutzer optimal unterstützt. Der Vorteil der offenen Kommunikation durch die Nutzung von EMails gereicht dem System aber auch zum Nachteil, da eingehende EMails keiner festen Formatierung oder Formalisierung folgen. Eine automatische Vorbewertung durch das System kann daher nicht erfolgen.

In Abgrenzung zu DeNIS II Plus enthält das IG NRW eine Vielzahl von spezifischen Informationen, die über Massendaten-Importe und automatisierte Schnittstellen in das System gelangen. Auch im Bereich der Grundlagendaten, wie zum Beispiel der Informationen über Ressourcen, bietet das System eine gute Unterstützung.

Tabelle 2.3 (Seite 36) stellt die Stärken und Schwächen des IG NRW-Systems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

2.1.4. Einsatzleitzentrale Siegburg

Das Einsatzleitsystem der Zentrale des Rhein-Sieg-Kreises in Siegburg ist im Gegensatz zu den anderen beschriebenen Systemen ein taktisch-operativ geprägtes System. Es ist für die 24/7[6] Koordinierung aller regulären Rettungskräfte des Rhein-Sieg-Kreises von Rettungsdienst,

[6] 24/7 steht für 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche, 365 Tage im Jahr.

IG NRW	Stärken	Schwächen
Chancen	• Kommunikationsverbund • Aufbereitung der Lage • Ressourcenmanagement • Interaktion mit DeNIS II Plus • Einsatztagebuch • Rollenkonzept	• Kommunikation findet von Person zu Person statt • keine Zuordnung zur anderen Informationen möglich
Risiken	• übergeordnete Koordinierung	• keine detaillierten Analysen • keine Sensordaten • keine Beauftragung

Tabelle 2.3.: SWOT-Diagramm des IG NRW-Systems

Feuerwehr und Katastrophenschutz konzipiert. Im Katastrophenfall übernehmen Systeme wie das IG NRW (siehe Kapitel 2.1.3) oder DeNIS II Plus (siehe Kapitel 2.1.2) die übergeordnete strategische Koordinierung.

In der Einsatzleitzentrale koordinieren 17 Disponenten im Schichtdienst etwa 300.000 Anrufe pro Jahr aus denen etwa 80.000 Einsätze pro Jahr hervorgehen. In der Leitstelle sind 7 ständig besetzte Einsatzleitplätze fest eingerichtet. Darüber hinaus stehen zusätzliche 6 Ausnahme-Abfrageplätze zur Verfügung, die ausschließlich bei Großschadenslagen benötigt werden. Das Lagezentrum des Krisenstabes und das Büro des Leiters haben über ein Fenster direkte Sicht auf die

eigentliche Leitstelle. Die Abbildung 2.5 vermittelt einen räumlichen Eindruck der Einsatzleitzentrale.

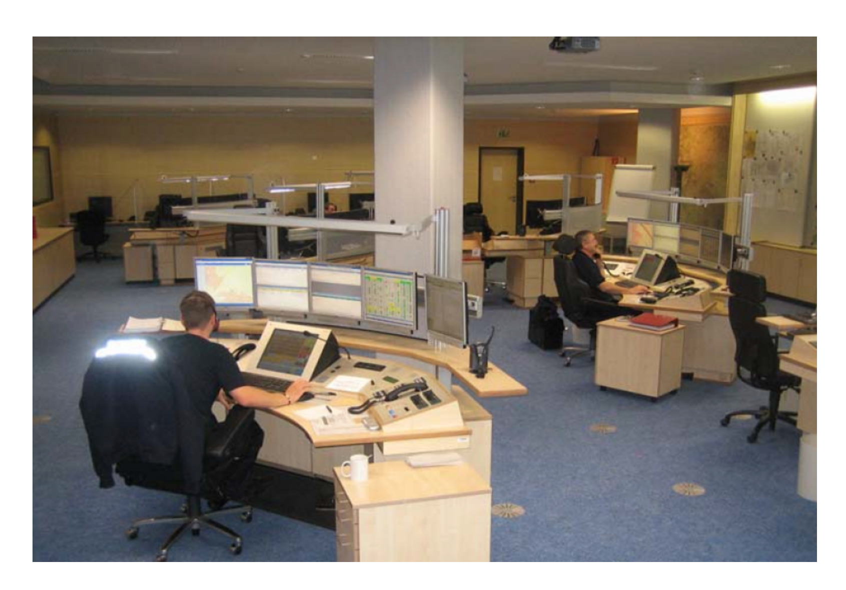


Abbildung 2.5.: Blick in die Einsatzleitzentrale Siegburg [129]. Im Vordergrund ist ein typischer Arbeitsplatz eines Disponenten abgebildet.

Systembeschreibung

Auf den Rechnern der Disponenten kommt die Software secur.CAD [129] der Firma Swissphone zum Einsatz. Sie wurde für Leitstellen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, Werkfeuerwehren sowie Notruf- und Serviceleitstellen konzipiert. Im Hintergrund greift die Applikation auf eine hoch verfügbare und an einem anderen Ort zusätzlich replizierte Oracle Datenbank zu. Für alle Services gelten strikte Zeitanforderungen. Die Disponenten werden

dabei zuverlässig bei ihren operativen und administrativen Aufgaben unterstützt.

Secur.CAD enthält durch die Integration zahlreicher Subsysteme in den Bereichen Notruf, Disposition, Alarmierung, Steuerung und Auswertung umfassende Funktionen. Es ist für die Unterstützung der nachfolgenden Funktionskette optimiert:

1. Schritt: Notrufeingang
2. Schritt: Einsatzannahme (Disposition)
3. Schritt: Alarmierung
4. Schritt: Einsatzüberwachung, Einsatzsteuerung und Nachalarmierung
5. Schritt: Auswertung und Nachbearbeitung
6. Schritt: Dokumentation

Gelungen ist die Integration von Telekommunikationsdiensten (Voice-Call, Fax, SMS, Pager), Funk- und EMaildiensten mit Lokalisierungsdiensten und einem hinterlegten GIS. Eingehende Telefonanrufe werden automatisch erfasst, lokalisiert, digital mitgeschnitten und archiviert. So zeigt das System einem Disponenten in der Regel bereits an, wer von wo anruft, bevor dieser den Telefonanruf entgegen nimmt. Die vom System vorerfassten Daten braucht er anschließend nur noch einmal mit zusätzlich zu erfassenden Informationen zu vervollständigen.

Geht aus einem Anruf ein Einsatz hervor, weist der Disponent diesem die benötigten Ressourcen zu. Dabei hat er die Möglichkeit, sich vom System für diesen Einsatztyp, gemäß der Alarmordnung benötigte Resourcen, gleich vorschlagen zu lassen (Einsatzmittelvorschlag). Die letzte Entscheidung über die alarmierten Einsatzmittel trifft aber in jedem Fall der menschliche Disponent. Für jede Ressource ist im System ein Medium hinterlegt, über das sie anschließend vollautomatisch alarmiert wird. Zwischen eingehenden Notruf bis

Alarmierung der benötigten Einsatzmittel liegen im Normalfall 20 Sekunden bis 2 Minuten. Diese Zeiten schließen etwaige Rückfragen bei den Einsatzkräften bereits mit ein. Die Höchstzeiten sind im System hinterlegt. Systemmeldungen bei nicht Einhaltung der geforderten Zeiten, die in das Einsatzprotokoll geschrieben werden, werden automatisch generiert.

Damit diese Zeitanforderungen bei der Notrufannahme eingehalten werden können, sind alle wichtigen Felder und Knöpfe rot hinterlegt. Einsatztaktisch relevante Informationen liefert das geografische Informationssystem mit entsprechenden Funktionen und genauem Karten- und Datenmaterial. Zur besseren Übersicht wird neben dem Anfahrtsweg auch ein Kartenausschnitt des Einsatzortes ausgedruckt. Die Einsatzkräfte können sich so schon vorab einen Eindruck von der Umgebung ihres Einsatzortes verschaffen.

Bei gefährdenden Objekten bzw. Objekten mit besonderem Gefahrenpotential können folgende Informationen mit der Depesche übermittelt werden:

1. Daten von Haupt- und Nebengebäuden
2. Einsatzpläne
3. Hinweise auf benachbarte Einsätze
4. Alarmpläne für Sondereinsätze
5. Informationen über gefährliche Stoffe

Im Falle der Leitstelle Siegburg werden in dieser GIS-Komponente die Featuredaten der Firma "Screen & Paper" genutzt. Bereits beim der Aufnahme des Telefonanrufes ist es möglich eine Koordinate mit einzugeben. Diese erleichtert in ländlich geprägten Regionen das Auffinden des Einsatzortes.

Stellvertretend für alle Disponenten gibt es einen Referenznutzer, der das Aussehen der Oberfläche und das Ladeverhalten der Ansichten der Unterfenster beim Öffnen der Applikation bestimmt. Da

diese sich über mindestens drei Bildschirme erstreckt, ist ein einheitliches Aussehen im Schichtdienst unabdingbar. Trotzdem kann nach Abschluss des ersten Ladevorganges der Applikation jeder Disponent dynamisch das Aussehen der Applikation nach seinen eigenen Vorstellungen beeinflussen. Auch ist es ihm möglich ausgeblendete und selten benutzte Ansichten nachzuladen.

Den Disponenten stehen folgende sechs Ansichten zur Verfügung:

1. Ansicht: Ressourcen (Rettungsdienst, Feuerwehr, Krankenhausbelegung etc.)
2. Ansicht: Karte
3. Ansicht: Nachrichten
4. Ansicht: Brandmeldungen
5. Ansicht: Feuerwehreinsätze
6. Ansicht: Rettungsdiensteinsätze

Aus derselben Oberfläche lässt sich darüber hinaus eine Vielzahl von Aktionen auslösen. Nachfolgend werden einige Beispiele aufgelistet:

1. (Brand-) Melder auslösen
2. SMS versenden
3. Telefonische Benachrichtigungen (Computerstimme)
4. Einsehen von Unwettermeldungen
5. Melden von Krankenhausbettenbelegungen
6. Gefahrenstoffrecherche in Multiplex[7]

[7] Multiplex ist eine Datenbank der Feuerwehr, die Informationen über Gefahrenstoffe, deren Gefährdungspotential und geeignete Bekämpfungsmöglichkeiten umfasst.

Für alle Einsatzsysteme gilt eine strikte Trennung des eigenen Systems vom "Rest der Welt". Das Nutzen von Inhalten aus anderen Quellen ist nicht erlaubt. Jede Aktion, jeder Anruf, jeder Funkspruch und jede Meldung wird automatisch durch das System mitprotokolliert. Es wird garantiert, dass diese Protokolle für mindestens 6 Monate online abrufbar sind. Darüber hinaus werden alle Einsätze 10 Jahre revisionssicher offline archiviert.

Die Recherche nach alten Einsätzen liefert Protokolle, in denen die Audiomitschnitte verlinkt sind. Eine zusätzliche Empfangsantenne überprüft unabhängig alle durch das System getätigten Funksprüche und kann Fehler im Sendesystem automatisch erkennen.

Vier Rollen sind im System wahrzunehmen:

1. Rolle: Disponent (Notrufannahme)
2. Rolle: Leitung
3. Rolle: Ausnahmearbeitsplatz (bei Unwetterlagen und Großlagen)
4. Rolle: Krisenstab des Kreises; nächst höhere Verwaltungsebene

Stärken und Schwächen

Die besondere Stärke des Systems liegt in dem hohen Integrationsgrad der Applikation mit den Fernmeldeanlagen (Telefon, GSM, Funk, EMail). Die Möglichkeit, die Konfiguration der Oberfläche durch einen Referenznutzer bestimmen zu können, empfanden die Nutzer als großen Vorteil.

Nachteilig ist der derzeit fehlende Detaillierungsgrad in der Kartendarstellung der GIS-Komponente. Zwar sind alle Straßen vorhanden, zur besseren Orientierung fehlen jedoch noch Kirchen, Sportplätze und andere hervorstechende Bauten. Zwar geben die benutzen Daten einen solchen Detaillierungsgrad her, jedoch ist die Symbolisierung dieser Daten derzeit nicht konfiguriert. Die Beseitigung dieses Mangels war zum Zeitpunkt der Besichtigung bereits beauftragt.

Tabelle 2.4 stellt die Stärken und Schwächen des Einsatzleitsystems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

Einsatzleit-system	**Stärken**	**Schwächen**
Chancen	• Integration der Fernmeldeanlagen • Referenznutzer • Alarmierungs-funktionskette • automatische Archivierung • hohe Integration aller Komponenten	• wenig Details im GIS
Risiken	• reines Einsatzleitsystem • keine Aggregierung von Informationen möglichen • keine Statistischen Analysen und Recherchen	• keine Sensordaten • keine Rasterdaten im GIS

Tabelle 2.4.: SWOT-Diagramm des Einsatzleitsystems

2.1.5. PolGIS

Das Polizei-GIS (PolGIS) ist eine auf der ESRI Produktfamilie aufbauende webbasierte GIS-Applikation. Auf einem Karten- bzw. Luftbildhintergrund können von der Polizei erfasste Daten im geographischen Raum dargestellt werden.

Systembeschreibung

Das PolGIS wird zentral vom IT.NRW[8] (ehemals LDS NRW) gehostet. Dazu werden anonymisierte Datenbestände aus dem Vorgangsbearbeitungssystem IGVP[9], in dem z.B. Anzeigen erfasst, verwaltet, nachverfolgt und recherchiert werden können, und dem Einsatzleitsystem eCEBIUS[10] an das IT.NRW gesendet. Diese werden in eine Datenbank eingestellt und sind anschließend über einen Web-Map-Service (siehe Kapitel 3.2) im PolGIS abrufbar. Die Anwendung CASE[11] nutzt zur Kartendarstellung die WebMapServices des IT.NRW. Die Abbildung 2.6 demonstriert die Kartendarstellung.

Der Startpunkt für PolGIS liegt in den jeweiligen Systemen IGWeb als Auswertetool für IGVP und SafeDat als Auswertekomponente für eCEBIUS. Diese senden eine Anfrage an den PostGIS Webserver, der eine codierte Liste mit IDs enthält, die im GIS im Symbol-Layer dargestellt werden sollen. Auf diese Weise war es nicht notwendig eine eigene Rollen- und Rechtevergabe zu implementieren, da Nutzer nur die Datensätze im GIS sehen können, die sie zuvor in ihrem Quellsystem bereits einsehen durften.

Während das Einsatzleitsystem bereits von Haus aus eine in den meisten Fällen sehr gute Georeferenzierung der Datensätze liefert, ist es für IGVP notwendig, nachträglich einen Adressdienst Gazetteer-Service für die Übersetzung von Adressen, Straßennamen und Orten in Koordinaten zu nutzen. Auch dieser Dienst wird durch das IT.NRW zentral angeboten.

Ursprünglich war die Entwicklung von PolGIS in drei Phasen geplant:

1. Kartographie für alle (Karten, Adresssuche, POI[12] aus eCEBIUS)

2. Darstellung von Daten aus dem IGVP und dem Einsatzleitsystem eCEBIUS sowie weitergehende Recherchen und Pufferung.

[8] Information und Technik Nordrheinwestfalen
[9] Integrationsverfahren Polizei
[10] Computer Einsatz Bearbeitungs-, Informations- und Unterstützungs-System
[11] Computerbasierte Analyse- und Ermittlungsunterstützung
[12] Point of Interest; Punktfeature

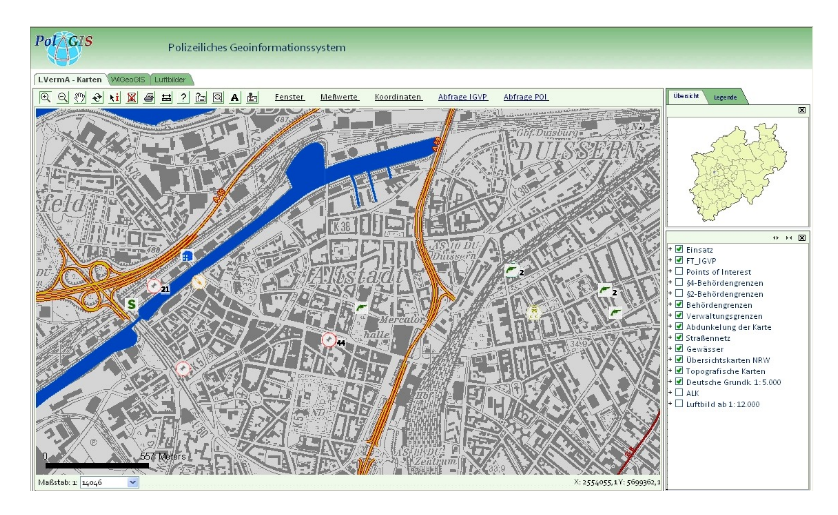


Abbildung 2.6.: Das Polizeiliche Geoinformationssystem in NRW

3. Expertensystem (ArcGIS, um alle besonderen Analysen in den Polizeibehörden abzudecken)

Zum Zeitpunkt der Besichtigung waren die Punkte aus den Phasen 1 und 2 bereits weitestgehend integriert und das System stand kurz vor der Einführung. Karten und Luftbilder für NRW werden vom Landesvermessungsamt für die Polizei NRW kostenlos zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurden Kartenbestände aus WiGeoGIS[13] für ganz Europa hinzugekauft. Die POIs wurden aus dem Einsatzleitsystem eCEBIUS exportiert.

Die Qualität der Georeferenzierung wird mit Qualitätsmarker "QM" nachgehalten. Die Werteskala reicht von 1 "Adressgenau" bis 4 "Ortsgenau". Manuell nachreferenzierte Datensätze erhalten den QM 9. Im Einzelnen sind die Marker mit nachfolgenden Bedeutungen belegt:

1. Stufe: Punktgenau (z. B. Hausnummer, Kreuzungsmittelpunkt)

[13] http://www.wigeogis.com/

2. Stufe: Strassen(abschnitts)genau
3. Stufe: PLZ- / Ortsteilgenau
4. Stufe: Ortsgenau
5. Stufe: nicht geocodiert - keine Koordinate in der Karte zugewiesen

6.-8. Stufe: Werte sind nicht definiert

9. Stufe: Punktgenau manuell nachträglich codiert

Stärken und Schwächen

Die besonderen Stärken der Lösung für PolGIS liegen in der konzeptionellen Offenheit, das Nutzen vorhandener Ressourcen und die Nutzung von OGC Standards. Die Schwächen liegen überwiegend in der unzureichend ausgebauten Netzinfrastruktur und den damit verbundenen Leistungseinbußen.

Die derzeitige Lösung geht von maximal 40.000 Nutzern auf 14.000 PCs aus, von denen 500 gleichzeitig auf das Web-Portal zugreifen dürfen. IGVP verarbeitet im Jahr etwa 3.000.000 Vorgänge. Als nächsten Schritt sollen Schnittstellen zu der Anwendung Tägliches Lagebild als Führungsmittel und FINDUS[14] als wichtiges Werkzeug für die Kriminalistik realisiert werden.

Als Schwachstelle des Systems konnte wahrgenommen werden, dass die Daten im Einsatzleitsystem mit denen im Vorgangsbearbeitungssystem nicht automatisch in Verbindung zu bringen sind. Dies liegt zum größten Teil daran, dass die Philosophien der beiden Anwendungen unterschiedlich sind. Im Bereich der Einsatzwahrnehmung gilt der Grundsatz, dass ein Einsatz zunächst so bearbeitet wird, wie er an die Polizei herangetragen wird. Möglicherweise entsteht erst im Nachgang zum Einsatz ein Vorgang, der anders qualifiziert wird. Bei dem Vorgangsbearbeitungssystem steht der Qualitätsgesichtspunkt

[14] Fall Information durch Suchen im System

PolGIS	Stärken	Schwächen
Chancen	• GIS auf OGC Basis • Vorgangsbearbeitung mit Qualitätssicherung • unterstützte Verortung	• Einzelfallanalysen im GIS • lose Kopplung • schwache GIS Anbindung
Risiken	• Integration vieler spezieller Lösungen • keine Aggregierung von Informationen möglichen	• keine Sensordaten • keine Rasterdaten im GIS • keine statistischen Analysen • Recherche nur außerhalb des Systems möglich

Tabelle 2.5.: SWOT-Diagramm des PolGIS-Systems

im Vordergrund. Schwerpunkt hier ist das beweissichere Strafverfahren. Das Platzieren auf der Lagekarte erlaubt zwar Analysen im Einzelfall, ist aber keine Lösung für größere Datenmengen. Erschwert wird das Herstellen einer deckungsgleichen Abbildung durch den Umstand, dass die Kategorisierungen aufgrund der unterschiedlichen Verfahren nicht immer übereinstimmen können.

Gleiche Position und Zeit bleiben folglich als einzige Kriterien für ein Mapping, bei denen erschwerend beide Größen mit einer erfassungsbedingten Unschärfe behaftet sind. Tabelle 2.5 stellt die Stärken und Schwächen des PolGIS-Systems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

2.1.6. Sahana

Das Opensource Projekt Sahana ist ein freies Katastrophenmanagement-System. Das System wurde 2004 während des Tsunami in Sri Lanka erdacht und von der Regierung Sri Lankas entwickelt. Durch den Erfolg des Projektes und der Notwendigkeit einer guten Katastrophenmanagement-Software, die in der Lage ist, mit großflächige Katastrophen umgehen zu können, finanzierte die schwedische internationale Entwicklungsbehörde eine zweite Phase der Entwicklung. "Lanka Software Foundation" wurde beauftragt eine generelle Anwendung zur globalen Nutzung zu entwickeln, die in jedem großflächigen Katastrophenfall helfen solle. Der Internetauftritt [117] bietet reichhaltige Informationen.

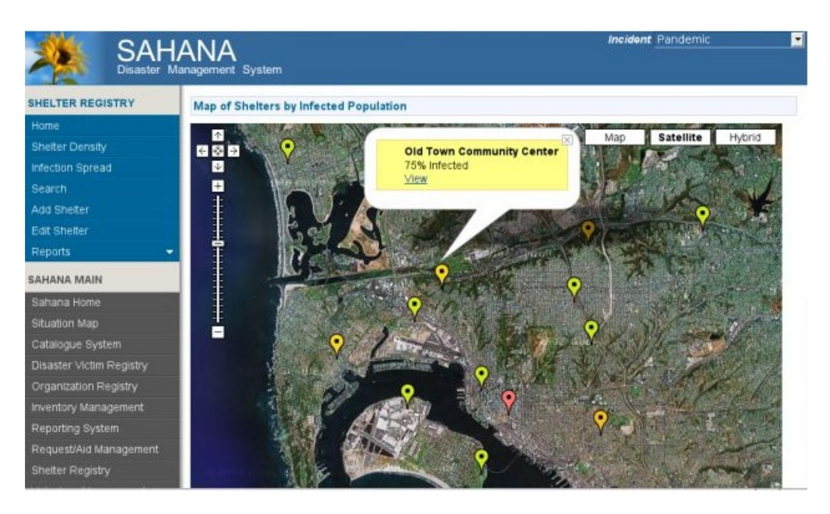


Abbildung 2.7.: Darstellung der Infektionsverbreitung in Sahana

Seine Leistungsfähigkeit stellte das Projekt während des großen asiatischen Erdbebens ins Pakistan 2005, der südlichen Late Mudslide Katastrophe in den Philippinen 2006, dem Jogjarkata Erdbeben in

Indonesien 2006 sowie dem Erbeben und Tsunami in Japan 2011 unter Beweis.

Das Projekt setzt auf eine AMP (Apache, MySQL, PHP/ Perl) Softwarearchitektur auf. Das System steht vollständig frei zum Download und zur Nutzung unter der GNU Lesser General Public License (LGPL) zur Verfügung.

Systembeschreibung

Das System besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

1. Das Vermissten-Register (Sahana Missing Person Registry) wurde als online Forum ausgelegt, auf dem gefundene und vermisste Personen verzeichnet werden können. Darüber hinaus werden auch Informationen über die Leute festgehalten, die andere Personen suchen.

2. Das Organisationsverzeichnis (Sahana Organization Registry) besteht aus einer Liste von Organisationen und sozialen Einrichtungen im Katastrophengebiet, mit den Aufgaben, die diese wahrnehmen. Es zeigt auf welche Organisation an welchem Ort eine Maßnahme durchführt. Darüber hinaus bietet es eine Berichtfunktion, die Versorgungslücken bis auf Sektorebene in der betroffenen Region erkennen lässt.

3. Das Notunterkunftsverzeichnis (Sahana Shelter Registry) listet alle Positionen der Notunterkünfte in den betroffenen Regionen auf. Grundinformationen über die Aufnahmekapazität und Auslastungsgrad werden ebenfalls aufgezeigt. Die Postionen der Unterkünfte können in einer Karte dargestellt werden.

4. Das Helfermanagementsystem (Sahana Volunteer Coordination System) unterstützt die zivilen Organisationen, Kontaktinformationen von Freiwilligen, deren Verwendung, Verfügbarkeit und Fähigkeiten zu verwalten, um sie möglichst zielführend einsetzen zu können.

5. Das Nachfragemanagementsystem (Sahana Request/ Aid Management System) ist eine zentrale Onlinebörse, bei der alle unterstützenden Organisationen, Arbeiter, Regierungsorganisationen und Lager auf Hilfeanfragen eingehen und sich für diese verpflichten können.

6. Das Modul zur Lagedarstellung (Sahana Situation Awareness) gibt einen Überblick über die Situation und erlaubt es dem Nutzer Informationen zu derzeitigen Lage zu veröffentlichen. Es ist in der Lage Nachrichten, Fotographien und andere Informationen auf eine Karte zu plotten. Auf diese Weise tragen alle Beteiligten zu einem gemeinsamen Lagebild bei. Abbildung 2.7 zeigt das Modul zur Lagedarstellung.

Weitere technische Fähigkeiten sind:

- Plugin Architektur
- geringe Hardwareanforderungen
- Mobilität
- Betriebsfähig ohne Installation von einem USB Medium
- Unterstützung verschiedener Sprachen
- anpassbare Benutzerschnittstelle
- horizontal skalierbar

Stärken und Schwächen

Sahana besticht durch seine einfache und offene Architektur. Die Ausrichtung gegenüber den anderen Systemen liegt bei der dislozierten, strategisch-operativen Unterstützung und Koordination von verschiedenen Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs[15]). Die eigentliche

[15] Non Government Organizations

Lagedarstellungskomponente erscheint unterrepräsentiert. Allerdings wird ein funktionierender Internetzugang vorausgesetzt.

Die Vorteile liegen in der Erreichbarkeit mittels Internet. Das Herstellen von Kommunikationsverbindungen bei Naturkatastrophen in insbesondere unterentwickelten Ländern ist eine große Herausforderung. Wenn überhaupt eine Datenverbindung hergestellt werden kann, so ist eine Internetanbindung noch die Wahrscheinlichste. Das Projekt wurde in der Zwischenzeit mit einer Vielzahl von Preisen wie zum Beispiel “Free Software Foundation Award for Social Benefit 2006”, “Good Samaritian Award 2006”, “Finalist in der Stockholm Challenge 2006”, “Sourceforge Projekt des Monats 2006”, “RedHat User Award 2005” und mehrmalige Teilnahme am “Google Summer of Code” ausgezeichnet.

Sahana	**Stärken**	**Schwächen**
Chancen	• erweiterbar • offene Architektur • implementiert Web 2.0 Philosophie	• baut auf dem Google Maps Kartendienst auf • schwaches Ressourcenmanagement
Risiken	• kein Dokumentenmanagement • kein Rollenkonzept • keine Beauftragung • kein Controlling • keine weiterführenden Analysen • keine Archivierung	• nur Punktsymbole

Tabelle 2.6.: SWOT-Diagramm des Sahana-Systems

Ein Fallbearbeitungssystem sowie ein Einsatztagebuch, das Ereignisse dokumentiert, ist nicht vorhanden. Tabelle 2.6 stellt die Stärken und Schwächen des Sahana-Systems in einem SWOT-Diagramm gegenüber.

2.2. Anwendungsfälle

Nachfolgend werden Anwendungsfälle für die Vorgänge *Durchführen einer Lageanalyse* und *Durchführen einer Risikobewertung* beschrieben. Diese sind in den bisher untersuchten Systemen nur in Ansätzen möglich und von außerordentlicher Bedeutung für die Weiterentwicklung, die im Fokus dieser Arbeit liegt. Die Beschreibung der beiden Anwendungsfälle ist notwendig für das Grundverständnis, wie die beiden Vorgänge in der Endanwendung durchgeführt werden. Sie liefern die Grundlage für eine spätere Realisierung in der Architektur.

Die Fähigkeit, die beiden Analyseformen Lageanalyse und Risikobewertung stringent durchzuführen, ist in keinem der in Kapitel 2.1 untersuchten Beispielsysteme vorhanden. Das Schließen dieser Fähigkeitslücke ist das wesentliche Ziel dieser Arbeit und wird jedes der untersuchten Systeme deutlich aufwerten. Beide Analyseformen machen der korrelierten Betrachtung von Raum und Zeit notwendig. Ursache, Analyse und Wirkung müssen im System so hinterlegt werden, dass der Zusammenhang auch in späteren Recherchen und Analysen verwendet werden kann.

2.2.1. Formaler Aufbau eines Anwendungsfalles

Grundsätzlich ist für Anwendungsfälle keine strikte Notation vorgeschrieben. Unterstützend wird in der objektorientierten Modellierung von IT-Prozessen häufig eine graphische Notation nach UML-Standard (ISO/IEC 19501 für Version 2.3 [100, 99]) gewählt. Als Rahmen wird nachfolgend eine klassische textuelle Schablone nach Cockburn [2] verwendet.

Ein Anwendungsfall beschreibt alle möglichen Fälle, die eintreten können, wenn ein Akteur versucht, mit Hilfe des betrachteten Systems ein bestimmtes fachliches Ziel zu erreichen. Er beschreibt losgelöst von der konkreten technischen Lösungen, was inhaltlich beim Versuch der Zielerreichung geschehen kann. Das Ergebnis des Anwendungsfalls kann ein Erfolg oder Fehlschlag/Abbruch sein. Die Granularität von Anwendungsfällen darf sich stark unterscheiden.

Die Schablone nach Cockburn unterscheidet die nachfolgenden Abschnitte:

Name und Nummer Anwendungsfälle haben einen Namen und werden nach Sachgruppen geordnet durchnummeriert, z.B. UC 2.01.

Beschreibung In einer kurzen Beschreibung wird festgehalten, was im Anwendungsfall geschieht. Kurz bedeutet, dass es zwei oder drei Zeilen sind, selten mehr.

Beteiligte Akteure Akteure sind beteiligte Personen oder Systeme, z.B. Anwender, Kunden, Abrechnungsprozesse. Die Akteure werden in einem eigenen Abschnitt dargestellt. Es werden zwei Arten von Akteuren unterschieden: Primäre Akteure sind die eigentlichen Benutzer des Systems. Neben diesen gibt es sekundäre Akteure, die das System überwachen und die Primärakteure bei seiner Zielerreichung unterstützen.

Status Der Status sagt aus, wie weit die Arbeit an dem Anwendungsfall gediehen ist. In Arbeit, bereit zum Review, im Review, abgelehnt und abgenommen sind Beispiele.

Verwendete Anwendungsfälle Wenn der Anwendungsfall auf andere Anwendungsfälle zurückgreift, werden diese Fälle hier aufgezählt. Aufzuzählen sind Name und Identifikationsnummer.

Auslöser Der fachliche Grund, dass dieser Anwendungsfall ausgeführt wird.

Vorbedingungen Alle Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit dieser Anwendungsfall ausgeführt werden kann.

Invarianten Alle Bedingungen, die innerhalb und durch den Anwendungsfall nicht verändert werden dürfen, also auch in einem Misserfolgs- oder Fehlerszenario gewährleistet werden müssen.

Ergebnis Der Zustand, der nach einem erfolgreichen Durchlauf des Anwendungsfalls erwartet wird.

Standardablauf Hier wird das typische Szenario dargestellt, das leicht zu verstehen oder der am häufigsten vorkommende Fall ist. An seinem Ende steht die Zielerreichung der Primärakteure. Die Ablaufschritte werden nummeriert und meist in strukturierter Sprache beschrieben. Ablaufpläne können ebenfalls benutzt werden, wenn es angebracht erscheint. Mittels UML können diese Ablaufschritte in Aktivitätsdiagrammen oder anwendungsfall-orientierten Sequenzdiagrammen dargestellt werden.

2.2.2. Durchführen einer Lageanalyse

Name und Nummer Durchführen einer Lageanalyse (UC-1)

Beschreibung Das Durchführen einer Lageanalyse ist eine begleitende, rückblickende Routineaufgabe bei der Bewältigung von Krisensituationen mit dem Ziel den aktuellen Stand sowie den Verlauf der Lage zu beurteilen und geeignete Maßnahmen zur Krisenbewältigung zu identifizieren und einzuleiten.

Beteiligte Akteure angemeldete Anwender in der Rolle Analyse

Status entfällt

Verwendete Anwendungsfälle keine

Auslöser Die Durchführung einer Lageanalyse ist eine begleitende Routineaufgabe, die erstmalig bei Eintreten der Lage durchgeführt werden muss. Sie bedarf keines gesonderten Auslösers.

Vorbedingungen Der Anwender ist erfolgreich am System angemeldet. Rollen und Rechte sind dem Konto des Anwenders zugewiesen.

Alle Informationen, die aktuelle Lage betreffend, sind in dem System eingepflegt.

Invarianten Der bereits geschehene Verlauf der Lage bis zur Gegenwart ist unveränderbar. Alle Aktionen wirken sich ausschließlich auf den zukünftigen Verlauf aus.

Ergebnis Der Anwender hat Kenntnis über den aktuellen Stand und den Verlauf der Lage. Unterlagen für die Lageunterweisung und Ressourcenplanung sind erstellt und im System hinterlegt.

Standardablauf

1. Der Anwender definiert seinen Interessenbereich. Der Interessenbereich kann eine geographische Region oder ein besonderer Themenbereich sein.
2. Der Anwender recherchiert offene Aufträge in seinem Interessenbereich. Er nutzt dazu das Einsatztagebuch.
3. Der Anwender recherchiert aktuelle Ereignisse und Nachrichten in seinem Interessenbereich. Er nutzt dazu den Nachrichtenticker.
4. Der Anwender recherchiert aktuell vorhandene und eingesetzte Ressourcen in seinem Interessenbereich. Er nutzt dazu die Ressourcenmanagementkomponente.
5. Der Anwender führt eine Ressourcenplanung durch. Er nutzt dazu die Ressourcenmanagementkomponente.
6. Der Anwender führt einen Ist-Soll-Analyse durch. Das Ergebnis wird als Dokument in der Dokumentenmanagementkomponente hinterlegt.
7. Der Anwender formuliert neue Aufträge für die Ressourcen und hinterlegt diese als Dokument in der Dokumentenmanagementkomponente.

8. Der Anwender bereitet Dokumente zur Lageunterrichtung der Entscheidungsträger vor und hinterlegt diese in der Dokumentenmanagementkomponente.
9. Der Anwender legt dem Entscheidungsträger die vorbereiteten Aufträge und Dokumente zur Lageunterrichtung zur Entscheidung vor.
10. Ist die Entscheidung positiv, werden die Aufträge den jeweiligen Verantwortlichen für die Ressourcen übermittelt. Ansonsten ändert der Anwender die Dokumente gemäß der jeweiligen Entscheidung ab und stellt diese erneut vor.

2.2.3. Durchführen einer Risikobewertung

Name und Nummer Durchführen einer Risikobewertung (UC-2)

Beschreibung Das Durchführen einer Risikobewertung ist ein in die Zukunft blickender Prozess mit dem Ziel aktuelle Risiken zu identifizieren, den möglichen zukünftigen Lageverlauf zu beurteilen sowie Maßnahmen einzuleiten, um die Auswirkung der Risiken klein und beherrschbar zu halten. Auswirkungen und Eintrittwahrscheinlichkeiten werden minimiert.

Beteiligte Akteure angemeldete Anwender in der Rolle Analyse

Status entfällt

Verwendete Anwendungsfälle keine

Auslöser Die Durchführung einer Risikobewertung ist eine begleitende Routineaufgabe, die erstmalig bei Eintritt der Lage durchgeführt werden muss. Sie bedarf keines gesonderten Auslösers.

Vorbedingungen Der Anwender ist erfolgreich am System angemeldet. Rollen und Rechte sind dem Konto des Anwenders zugewiesen.

Alle Informationen, die aktuelle Lage betreffend, sind in dem System eingepflegt.

Invarianten Der bereits geschehene Verlauf der Lage bis zur Gegenwart ist unveränderbar. Alle Aktionen wirken sich ausschließlich auf den zukünftigen Verlauf aus.

Ergebnis Der Anwender hat alle Risiken identifiziert, mögliche Auswirkungen beurteilt und geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet, um mögliche Auswirkungen klein zu halten. Alle Risiken, Kosten und Maßnahmen sind für zukünftige Analysen dokumentiert.

Standardablauf

1. Der Anwender hinterlegt seinen Interessenbereich im System.
2. Der Anwender recherchiert bereits identifizierte Risiken im System.
3. Der Anwender identifiziert neue oder geänderte Risiken und hinterlegt sie geographisch kodiert im System.
4. Der Anwender bewertet und misst die Größe der identifizierten Risiken. Die Ergebnisse werden dokumentiert und im System hinterlegt.
5. Der Anwender bewertet und misst die Größe möglicher Kosten bzw. Konsequenzen. Die Ergebnisse werden dokumentiert und im System hinterlegt.
6. Der Anwender ermittelt mögliche Risikosteuerungsstrategien.
7. Der Anwender unterrichtet die Entscheidungsträger umfassend.
8. Der Anwender bereitet resultierende Aufträge an die Ressourcen vor und legt diese zur Entscheidung vor.
9. Bei positiver Entscheidung übermittelt der Anwender die Aufträge an den jeweiligen für die Ressource Verantwortlichen.

2.3. Fazit

Die in Kapitel 2.1 beschriebenen Systeme vermittelten einen Eindruck, auf welchem Stand aktuelle und operativ genutzte Systeme stehen. Der Vergleich der Systeme zeigt eine Fähigkeitslücke in den Analysefähigkeiten in Hinblick auf eine Lageanalyse und Risikobewertung. Einen Eindruck des Umfangs der Fähigkeitslücke wurde in den Anwendungsfällen (vgl. Kapitel 2.2) vermittelt.

Die Analyse der Beispielsysteme zeigten, dass alle Systeme die Wahrnehmung bestimmte Rollen unterstützen. Diese werden nachfolgend in Kapitel 2.3.1 zusammengestellt und später in den Systemanforderungen (siehe Kapitel 4) detailliert beschrieben.

Aus den beschriebenen Szenarien werden eine Reihe technischer Randbedingungen ersichtlich, die es zu beachten gilt. Eine Übersicht über diese Randbedingungen wird nachfolgend in Kapitel 2.3.2 gegeben. Die detaillierte Beschreibung der identifizierten Techniken folgt in Kapitel 3.

2.3.1. Rollen

Aus der Betrachtung der verschiedenen Beispielsysteme lassen sich einige querschnittlich vorhandene Rollen identifizieren. Diese werden in Tabelle 2.7 aufgeführt.

Die Rolle *Analyse* ist in den Beispielsystemen nicht vorhanden. Ihre Existenz leitet sich aus den Anwendungsfällen (vgl. Kapitel 2.2) ab, in denen die Durchführung einer Lageanalyse und einer Risikobewertung beschrieben wurden.

Schließlich wird die Rolle *Administrator* in sämtlichen betrachteten Systemen unterstützt. Da sie aber keine fachlichen Aufgaben wahrnimmt, wird sie im weiteren Verlauf nicht betrachtet werden, auch wenn ihre Existenz in jedem System ohne Einschränkung notwendig ist.

2.3.2. Technische Randbedingungen

Aus dem Vergleich der SWOT-Diagramme lassen sich die Komponenten ableiten, die von außerordentlicher Bedeutung für die unter-

Rolle	Fliwas	DeNIS II Plus	IG NRW	Einsatzleitrechner	PolGIS	Sahana
Disponent	-	X	-	X	-	-
Ressourcenverwalter	X	X	X	X	-	X
Führungstab	X	X	-	-	-	-
Controller	-	-	-	-	X	-
Analyse	-	-	-	-	-	-
Gast	X	X	-	-	-	X

Tabelle 2.7.: Identifikation querschnittlicher Rollen

suchten Systeme sind. Sie sind querschnittlich in den untersuchten Systemen realisiert. Diese Komponenten sind in Tabelle 2.8 zusammenfassend aufgeführt. Sie bilden die Basis für eine detaillierte Analyse der Komponenten in Kapitel 4 (Systemanforderungen).

Darüber hinaus werden geeignete Techniken und Standards für den Datenaustausch, die Datenspeicherung und die Kommunikation der Komponenten untereinander benötigt, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Dem Web-2.0-Gedanken folgend werden diese auf Web-Services und XML-Strukturen ausgerichtet. Im Bereich der GIS-Anwendungen liegt der Schlüssel für eine universelle und herstellerunabhängige Architektur in der Nutzung von Standards des Open Geospatial Consortiums (OGC). In diesem Gremium sind alle großen Herstellern, die GIS Funktionalitäten anbieten oder verwenden, vertreten. Im Bereich der Mailkommunikation hat sich SMTP als Standard durchgesetzt. Im Bereich der Protokollierung existieren viele spezielle Lösungen, die oft von der verwendeten Programmiersprache oder Systemplattform abhängen. Ein universelle Lösung für die Protokollierung stellt das Syslog-Format dar. Diese

Nr.	Komponente	Referenz
1	Vorgangsbearbeitung	Einsatzleitzentrale Siegburg, PolGIS
2	Kartenähnliche Darstellung	Fliwas, DeNIS II Plus, IG NRW, Einsatzleitzentrale Siegburg, PolGIS, Sahana
3	Kommunikation	Fliwas, IG NRW, IG NRW, Einsatzleitzentrale Siegburg
4	Ressourcenverwaltung	Fliwas, DeNIS II Plus, IG NRW, Einsatzleitzentrale Siegburg, Sahana
5	Dokumentenverwaltung	Fliwas, DeNIS II Plus, Einsatzleitzentrale Siegburg
6	Melde- und Ereignismanagement, Lageerfassung	DeNIS II Plus, IG NRW, Einsatzleitzentrale Siegburg, PolGIS
7	Archivierung	DeNIS II Plus, Einsatzleitzentrale Siegburg
8	Systemadministration	Fliwas, DeNIS II Plus, IG NRW, Einsatzleitzentrale Siegburg
9	Einsatztagebuch	IG NRW, PolGIS

Tabelle 2.8.: Komponenten aus Szenarien, die in das Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung übernommen werden sollten.

hat den Vorteil plattform- und programmiersprachenunabhängig zu sein. Protokollserver, die Loginformationen zentral verwalten, bieten eine breite Unterstützung für das Syslog-Format.

Eine besondere Herausforderung stellen die Informationsbeziehungen dar. Es müssen explizite und implizite Beziehungen betrachtet werden. Die impliziten Beziehungen ergeben sich aus der korrelierten Betrachtung von Raum und Zeit.

Tabelle 2.9 führt eine Übersicht über die benötigten Techniken und Standards. Diese werden später in Kapitel 3 (Stand der Technik) im Detail beschrieben.

Nr.	Problemstellung	Lösungsansatz
1	Kartenähnliche Darstellung	Common Web Services, Sensor Web Enablement, Webdienste zur Verortung
2	Ereignisse und Sensoren	Sensor Observation Service
3	Meldungen und Nachrichten	Really Simple Syndication, Atom Syndication Format, GeoRSS
4	Ortsunabhängigkeit und Wiederverwendbarkeit	Webservice Schnittstellen
5	Informationsbeziehungen	Temporal GIS, TIE Modell, Räumliche Abfragen
6	Kommunikation	Simple Message Transport Protocol
7	Protokollierung	Syslog
8	Benutzer- und Rechteverwaltung	Leightweight Directory Access Protocol

Tabelle 2.9.: Übersicht über Techniken und Standards, die als technischer Lösungsansatz für die Problemstellungen genutzt werden können.

Bedingt durch den sich über die Zeit fortlaufend ändernden Charakter der verarbeiteten und dargestellten Lageinformationen muss ein wesentliches Augenmerk auf die Zeitdimension im GIS gelegt werden. Die Korrelation von Zeit und Raum ist in den untersuchten Systemen unzureichend berücksichtigt worden. Diesem Fakt wird in den beiden folgenden Kapiteln 3 (Stand der Technik), 4.1.4 (Zeitanforderungen) und 4.3.1 (Ort-Zeit-Korrelation) unter den Stichpunkten Temporal GIS und Ort-Zeit-Korrelation Rechnung getragen werden.

3. Stand der Technik

In diesem Kapitel werden grundlegende Technologien und Standards beschrieben, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen und im Kontext der Architektur des Gesamtsystems unverzichtbar sind. Die Analyse der Szenarien identifizierte vorab Fragestellungen und technische Lösungsansätze (vgl. Tabelle 2.9 Seite 60). Sie sind so ausgewählt, dass sie die Anforderungen, die aus den Anwendungsfällen (vgl. Kapitel 2.2) resultieren, erfüllen.

Die beschriebenen Techniken und Standards sind in die Themengebiete Geodienste, Meldungen und Ereignisse, Web-Services, Informationsbeziehungen und Grundlegende Dienste gegliedert. Jedes Kapitel schließt mit einer Begründung für die Auswahl der beschriebenen Technologien. Abschließend wird ein Zwischenfazit gezogen und eine Einordnung für den weiteren Verlauf im Kontext des 4+1 Modells gegeben. Die Technologien und Standards gehen nachfolgend über die Systemanforderungen (Kapitel 4.2 und 4.3) in die Architektur (Kapitel 5) ein.

Zum besseren Verständnis werden nachfolgend zunächst die Kriterien für die Auswahl der konkreten Technologien sowie eine kurze Beschreibung der normierenden Institutionen *World Wide Web Consortium*, *Internet Engineering Task Force* und *Open Geospatial Consortium* beschrieben.

Auswahlkriterien

Die Kriterien für die Auswahl der konkreten Technologien leiten sich aus der Zielsetzung der Arbeit ab. Diese ergeben den folgenden Kriterienkatalog:

1. *Universell:* Die konkreten Implementierungen der gewählten Technologien sollen herstellerunabhängig sein. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Technologie auf offenen Standards beruht und in der Literatur wohl beschrieben sind. Weit verbreitete Lösungen sind weniger verbreiteten Lösungen vorzuziehen.

2. *Einfach:* Einfache Lösungen sind komplexen Lösungen für dieselbe Fragestellung immer vorzuziehen. Einfache Lösungen haben den Charme verständlicher und robuster gegenüber Fehlern zu sein, da sie weniger Spezialbehandlungen beinhalten.

3. *Sicher:* Die ausgewählten Technologien müssen aktuellen IT-Sicherheitsanforderungen entsprechen.

4. *Korrelation von Informationen:* Explizite und implizite Beziehungstypen zwischen Informationen müssen abgebildet werden.

5. *Moderne Internet-Technologie:* Die drei großen normierenden Institutionen, die hinter den Techniken und Standards moderner Internet-Technologien stehen, sind das *World Wide Web Consortium*, die *Internet Engineering Task Force* und das *Open Geospatial Consortium*. Die Auswahl der Technologien dieser Institutionen wird daher nachfolgend bevorzugt.

World Wide Web Consortium

Das World Wide Web Consortium (W3C) [148] ist eine internationale Gemeinschaft, in der Mitgliedsorganisationen, Angestellte und die Öffentlichkeit zusammen Web Standards entwickeln. Die Hauptaktivitäten des W3C richten sich auf die Entwicklung von Protokollen und Standards, die das World Wide Web[16] funktionsfähig machen. Das W3C steht für Standards wie HTML, XML, SOAP und die Web-Service Policy. Es wurde am 1. Oktober 1994 am MIT Laboratory for Computer Science in Cambridge (Massachusetts) gegründet.

[16]Definition des W3C: "The WorldWideWeb (W3) is a wide-area hypermedia information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents" [148].

Gründer und Vorsitzender des W3C ist Tim Berners-Lee, der auch als Erfinder des World Wide Web bekannt ist

Internet Engineering Task Force

Die Internet Engineering Task Force (IETF) [59] ist eine äußerst große, offene, internationale Gemeinschaft. Sie besteht aus Netzwerkdesignern, Herstellern, Forschern und Betreibern, die sich auf die Entwicklung der Internet Architektur und dem reibungslosen Betrieb des Internet konzentrieren. Die Aufgabe, die sich das IETF gestellt hat, ist im RFC 3935 [6] festgehalten. Das IETF ist in themenorientierten Arbeitsgruppen organisiert. Die meiste Arbeit wird über EMailverteiler abgewickelt. Dreimal im Jahr trifft sich das IETF zu Konferenzen.

Die offiziellen Produkte des IETF sind Dokumente, die gebührenfrei als RFCs veröffentlicht werden. Der Name *Request for Comments* (RFC) ist älter als das IETF selbst, und soll zum Ausdruck bringen, dass sich die Technik des Internets kontinuierlich verändert und daher die Dokumente, als *lebende Dokumente*, ständig fortgeschrieben werden müssen. Das IETF selber sieht sich als Gruppe von Personen, die zusammen arbeiten, um die Technologie des Internets ständig zu verbessern.

Open Geospatial Consortium

Das Open Geospatial Consortium (OGC) [101] ist eine internationale und gemeinnützige Organisation, die auf freiwilliger Basis allgemeingültige und offene Standards für Geospatial und Location-based-Services erarbeitet. Im Open Geospatial Consortium, dessen Mitgliedschaft kostenpflichtig ist, arbeiten derzeit 412 internationale private Firmen, Regierungsorganisationen und Universitäten zusammen, um interoperable Schnittstellen festzulegen. Seit einigen Jahren ist das Open Geospatial Consortium Mitglied des World Wide Web Consortium.

3.1. Grundlegende Dienste

Dieses Kapitel beschreibt grundlegende Dienste und Protokolle die für die Benutzer- und Rechteverwaltung (Lightweight Directory Access Protocol), Protokollierung (Syslog) und Kommunikation (Simple Mail Transfer Protocol) notwendig sind. Darüber werden die Gründe für die Auswahl des jeweiligen Dienstes oder Protokolls diskutiert.

3.1.1. Lightweight Directory Access Protocol

Die RFC 4510 [154] und 4511 [122] des IETF beschreiben das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP). LDAP regelt die lesende und schreibende Kommunikation mit einem Verzeichnisdienst. Die derzeit aktuelle Version des Protokolls ist die Version 3.

Das Verzeichnis ist als hierarchischer Baum aufgebaut. Der Kontext aller Entitäten eines Teilbaumes wird durch ein *Schema*, den *Directory Information Tree* (DIT), bestimmt. Ein Verzeichnis besteht aus einer Menge von Attributen. Ein Attribut besitzt einen Namen und weitere Werte. Attribute werden in einem Schema definiert. Jeder Eintrag besitzt einen eindeutigen Schlüssel, der *Distinguished Name* (DN) genannt wird. Dieser besteht aus einen *Relative Distinguished Name* (RDN), der aus einigen Attributen des Eintrages besteht und dem der DN des übergeordneten Eintrags angehangen wird.

Das Schema eines Verzeichnis Servers definiert eine Menge von Regeln, die die Art der Informationen bestimmen, die ein Server speichert:

1. *Attribut Syntax Regeln:* Beschreibt die Art der Informationen, die in ein einem Attribut gespeichert werden können.

2. *Vergleichsregeln:* Beschreibt, wie ein Vergleich mit Attributen durchgeführt wird.

3. *Regeln für den Gebrauch der Vergleichsregeln:* Beschreibt, auf welche Attribut-Typen eine Vergleichsregel angewendet werden darf.

4. *Attribut-Typen:* Definiert eine Objektnummer und eine Menge von Namen, die benutzt werden, um auf ein Attribut zu verweisen. Zugleich verknüpft der Typ ein Attribut mit einer Syntax und eine Menge von Vergleichsregeln.

5. *Objektklassen:* Definiert eine benannte Menge von Attributen und stuft diese als notwendig oder optional ein.

6. *Namenskonventionen:* Definiert Regeln für eine Menge von Attributen, die im RDN einer Entität enthalten sind.

7. *Regeln für den Inhalt:* Definiert zusätzliche Einschränkungen, welche Objektklassen und Attribute für eine Entität verwendet werden dürfen.

8. *Strukturregeln:* Definiert eine Menge von Regeln, welche die Unterordnung einer Entität bestimmen.

Die Informationen des Verzeichnisses werden in den Attributen gespeichert. Das Schema regelt, welche Attribute für einen Eintrag verwendet werden dürfen, die Art der Werte, die ein Attribut annehmen darf und wie ein Client mit den Attributen interagiert. Schema Administratoren können zusätzliche Schema Einträge zur Laufzeit aufnehmen. Ein Schema, das Personen einer Organisation auflistet, wird *white pages schema* genannt. Das LDAP-Protokoll definiert 11 Operationen für die Kommunikation mit dem Verzeichnis:

1. Die *Start-TSL-Operation* dient dem Aufbau einer gesicherten Verbindung mittels Transport Layer Security (TSL). Einige Server unterstützen auch den Aufbau eines SSL[17] Tunnels (LDAP over SSL), da LDAPv2[18] diesen Befehl noch nicht kannte. Der Vorteil von TSL liegt darin, dass die Authentifizierung am Verzeichnisdienst verschlüsselt erfolgt.

[17]Secure Sockets Layer
[18]LDAP Protokoll in der Version 2

2. Die *Bind*[19]*-Operation* dient der Authentifizierung. LDAP unterstützt eine große Vielfalt an Authentifizierungsmethoden. So erlaubt zum Beispiel ein *Anonymous Bind* eine Authentifizierung ohne DN und Passwort, die *Simple Authentification* meldet den Prozess mittels Benutzername und Passwort an und *Kerberos* erlaubt die Anmeldung durch den gesicherten Austausch von Zertifikaten.

3. Die *Search-Operation* dient der Suche und dem Abruf von Einträgen im Verzeichnis. Mittels Filtern kann die Suche eingeschränkt werden.

4. Die *Compare-Operation* dient dem Vergleich, ob ein benannter Eintrag ein gegebenes Attribut besitzt.

5. Mit der *Add-Operation* lassen sich neue Einträge hinzufügen.

6. Die *Delete-Operation* löscht Einträge aus dem Verzeichnis.

7. Die *Modify-Operation* erlaubt das Ändern von Einträgen.

8. Die *Modify-DN-Operation* ändert den Distinguished Name eines Eintrages. Diese Operation hat eine Verschiebung des Eintrages im DIT zur Folge.

9. Die *Abaddon*[20]*-Operation* bricht die vorhergehende Anfrage ab.

10. Die *Unbind-Operation* beendet die Verbindung.

11. Die *Extended-Operation* ist eine generische Operation, die den Zugriff auf spezifische Operationen zulässt, die nicht explizit im LDAP Protokoll definiert wurden. Beispiele sind das Ändern von Passworten oder der Abruf der eigenen Anmeldeinformation.

[19] Bind (dt. Anbinden) ist ein Begriff aus der Programmierung, der beschreibt, dass zwei Objekte oder Prozesse miteinander verknüpft werden, um Informationen auszutauschen.

[20] Abaddon ist der biblische Name des “Engels des Abgrundes” aus der Johannes-Apokalypse.

3.1.2. Syslog

Das Syslog-Protokoll wird zur Übermittlung von Ereignisbenachrichtigungen verwendet. Es besitzt eine in Schichten aufgebauten Architektur, die es erlaubt, beliebige Protokolle für die Übertragung der Syslog-Nachrichten zu nutzen. Der RFC 5424 [45] des IETF definiert neben der Architektur des Protokolls auch ein erweiterungsfähiges Nachrichtenformat.

Die Architektur trennt den Inhalt der Nachrichten von der Nachrichtenübertragung:

1. Die Schicht *Syslog-Inhalt* umfasst die Management Informationen, die in der Nachricht enthalten sind.

2. Die Schicht *Syslog-Applikation* umfasst die Erzeugung, Interpretation, Weiterleitung und Speicherung von Syslog Nachrichten.

3. Die Schicht *Syslog-Transport* liest und schreibt Nachrichten auf ein Übertragungsmedium.

Eine Reihe von Funktionen wird in den Schichten ausgeführt:

1. Der *Ersteller* (originator) erzeugt den Syslog-Inhalt einer Nachricht.

2. Der *Sammler* (collector) trägt Syslog-Inhalt für die weitere Analyse zusammen.

3. Ein *Relais* (relay) nimmt Nachrichten von einem Erzeuger oder Relais entgegen und leitet diese an den Sammler oder andere Relais weiter.

4. Der *Transport Sender* (transport sender) übergibt Syslog-Nachrichten an ein bestimmtes Netzwerktransportprotokoll.

5. der *Transport Empfänger* (transport receiver) nimmt die Syslog-Nachrichten von einem bestimmten Netzwerktransportprotokoll entgegen.

Abbildung 3.1 visualisiert den schichtförmigen Aufbau des Syslog Protokolls.

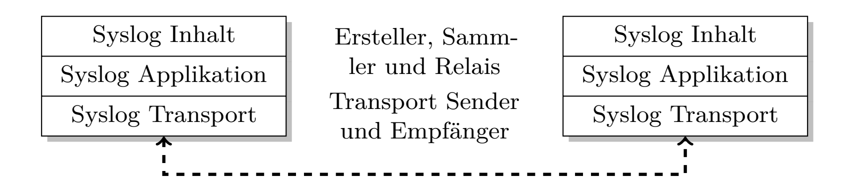


Abbildung 3.1.: Schichten des Syslog-Protokolls

Das Syslog-Nachrichtenformat folgt der ABNF [21] Definition gem. RFC 5243 [31]. Sie besteht aus den nachfolgenden Komponenten:

1. *Header:* Kompatibilität zum älteren BSD[22]-Syslog Format
2. Priorität-Selektor: Der Priority-Selektor besteht aus zwei Teilen: Dem Facility-Feld und dem Severity-Feld, die die Herkunft und den Schweregrade der Syslog-Meldungen klassifizieren. Tabelle 3.1 listet die Schweregrade und Tabelle 3.2 die Herkunftseinteilungen auf.
3. *Version:* Version der Syslog-Protokoll Spezifikation
4. *Zeitstempel:* verschiedene Formate und Genauigkeiten sind zulässig.
5. *Hostname:* Name des Rechners, der die Nachricht versendet hat.
6. *Applikationsname:* Name der Applikation oder des Gerätes, das die Nachricht verursacht hat.
7. *Prozessnummer:* Schlüssel des Prozesses
8. *Nachrichtentyp:* Typ der Nachricht.
9. *Strukturierte Informationen:* Die Informationen können Anwendungsspezifisch formatiert abgelegt werden.

[21] Argumented Backus-Naur Form
[22] Berkeley Software Distribution; Unix Betriebsystem

10. der eigentlichen *Inhalt der Nachricht*

.

Wert	Bedeutung
0	Notfall, das System ist nicht mehr nutzbar.
1	Alarm, Maßnahmen müssen sofort getroffen werden.
2	Kritisch, kritische Bedingung
3	Fehler, Fehler Bedingung
4	Warnung, Warnungsbedingung
5	Hinweis, normal aber signifikant
6	Information, Statusinformation
7	Debug, dient der Fehlersuche

Tabelle 3.1.: Syslog: Schweregrade der Nachrichten

Wert	Bedeutung
0	Nachrichten des Betriebssystem Kernel
1	Nachrichten von Applikationen, die unter Benutzerrechten laufen
2	Mailsystem
3	Systemdienste
4	Sicherheit und Authentifizierungsnachrichten
5	Durch Syslog selbst erzeugte Nachrichten
6	Drucksystem
7	Netzwerksystem
8	UUCP-Dienst
9	Systemuhr
10	Sicherheits- und Authentifizierungsnachrichten
11	FTP-Dienst
12	NTP-Dienst
13	log audit
14	log alert
15	Systemuhr
16	reserviert für die lokale Verwendung
17	reserviert für die lokale Verwendung
18	reserviert für die lokale Verwendung
19	reserviert für die lokale Verwendung
20	reserviert für die lokale Verwendung
21	reserviert für die lokale Verwendung
22	reserviert für die lokale Verwendung
23	reserviert für die lokale Verwendung

Tabelle 3.2.: Syslog: Herkunft der Nachrichten

3.1.3. Simple Mail Transfer Protocol

Das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) wird im RFC 5321 des IETF [68] beschrieben. Es beschreibt den Austausch von elektronischen Nachrichten (EMail[23]) über IP basierte Netzwerke. Während Mail Server und andere Mail Transfer Agents SMTP für den Versand und den Empfang von Nachrichten verwenden, wird SMTP in Endanwenderbereich ausschließlich für den Versand[24] genutzt.

EMails werden von einem Mail Client (MUA[25]) an einen Mail Server (MSA[26]) verwendet. Von dort überträgt der MSA die Nachrichten an seinen Transfer Agent (MTA[27]). Häufig laufen beiden Agenten in verschiedenen Instanzen der selben Software. Der MTA macht den Zielrechner über DNS[28]-Abfragen ausfindig. Dazu ermittelt er zunächst den zuständigen Mailserver für die Zieldomain (MX[29] record), und ermittelt anschließend die IP-Adresse des Zielrechners (A[30] record). Ist der Zielrechner ermittelt, überträgt der MTA die Nachricht an den Mail Delivery Agent (MDA) des Zielrechners. Schließlich legt der MDA die Mail in der passenden Mailbox ab. Dient der Server nur als Weiterleitungsserver (mail relay), beginnt die Übertragung wie beschrieben von vorne. Abbildung 3.2 visualisiert die Übertragung.

SMTP ist ein textbasiertes Protokoll, bei dem Sender und Empfänger über einen TCP-Datenstrom kommunizieren. Eine SMTP-Session wird vom Sender initiiert. Anschließend werden mit dem Empfänger die Session Parameter ausgehandelt. Eine Session kann eine oder mehrere SMTP-Transaktionen enthalten. Eine SMTP-Transaktion besteht aus einer Abfolge von drei Kommandos:

1. Das *MAIL-Kommando* gibt den Absender bekannt.

[23] electronic mail
[24] Für den Empfang von EMails im Endanwenderbereich werden üblicherweise die Protokolle Post Office Box (POP) und Internet Message Access Protocol (IMAP) verwenden.
[25] mail user agent
[26] mail submission agent
[27] mail transfer agent
[28] domain name system
[29] mail exchange
[30] alias

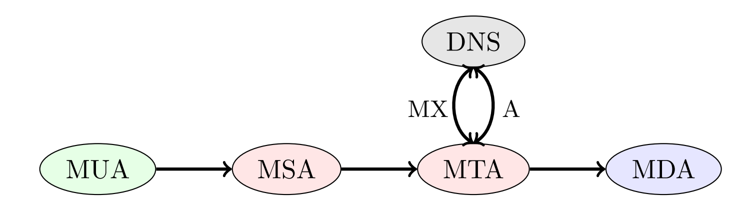


Abbildung 3.2.: Workflow der Übertragung einer EMail mittels SMTP.

2. Das *RCPT-Kommando* gibt den Empfänger bekannt.
3. Das *DATA-Kommando* enthält die eigentliche Nachricht. Sie besteht aus dem Message Header und dem Message Body.

Der Empfänger kann die Nachrichten mit positiven oder negativen Zahlencodes beantworten. Fehler können permanent oder vorübergehend sein. Zu den permanenten Fehlern zählt auch die Ablehnung (reject) einer Nachricht. Das Verwerfen (drop) einer Nachricht wird hingegen durch eine positiven Code angezeigt.

SMTP beschreibt ausschließlich das Format für den Austausch, nicht aber das Format der Nachricht selbst. Für SMTP sind eine Reihe von Erweiterungen spezifiziert. Zu diesen Erweiterungen gehören zum Beispiel die Authentifizierung, die Abfrage von Größenbeschränkungen ESMTP (RFC 5321 [68]) oder den Austausch von MIME-Nachrichten (RFC 2045 [43] und RFC 2049 [42]), die es erlauben Typ und Codierung des Inhalts auszutauschen. Gateways, als Teil der Mailserver, erlauben den automatisierten Übergang in Telefon- und Funknetze.

3.1.4. Begründung der Technologiewahl

Das LDAP Protokoll wurde ausgewählt, da es die zentrale Verwaltung von Benutzer-, Rollen- und Rechteinformationen unterstützt. Es ist nicht an eine bestimmte Plattform oder Programmiersprache

gebunden und wird vom IETF normiert. Das Protokoll erlaubt eine sichere Kommunikation mit dem Verzeichnisdienst.

Das Syslog-Protokoll ist weit verbreitet und stammt ebenfalls aus dem Portfolio der IETF Spezifikationen. Es ist äußerst einfach aufgebaut und ermöglicht die plattform- und programmiersprachenunabhängige Protokollierung.

Für die Kommunikation zwischen Mailservern existieren nur die beiden Protokolle X.400 und SMTP. X.400[31] erlaubt weltweit nur namentlich bekannte Domänenbetreiber und setzt nachvollziehbare Wege für den Nachrichtenaustausch voraus. Die ITU[32] ist für die Fortschreibung des Standards verantwortlich. Das SMTP-Protokoll wurde von der IETF entwickelt. Es setzt auf das IP Protokoll auf und ist für die Verwendung des DNS Protokoll spezifiziert. X.400 ist gegenüber von SMTP allerdings komplexer und kostspieliger. Aus diesem Grund ist SMTP heute wesentlich weiter verbreitet als X.400. Beide Protokolle verfügen über Methoden den Transport der Nachrichten sicher zu gestalten [87].

3.2. Web-Services

Ein Web-Service[33] oder Webdienst ist eine Software-Anwendung, die mit einem Uniform Resource Identifier (URI) eindeutig adressierbar (identifizierbar) ist und deren Schnittstelle als XML[34]-Dialekt definiert, beschrieben und gefunden werden kann. Web-Services ermöglichen eine verteilte Softwarearchitektur. Dazu werden die Anwendungen in einzelne Funktionen zerlegt, die an verschiedenen

[31] X.400 wird auch Message Handling System (MHS) genannt

[32] Die International Telecommunication Union (ITU) ist ein Sonderorgan der Vereinten Nationen mit Sitz in Genf

[33] Definition nach W3C: "A Web service is a software system designed to support interoperable machine-to-machine interaction over a network. It has an interface described in a machine-processable format (specifically WSDL). Other systems interact with the Web service in a manner prescribed by its description using SOAP messages, typically conveyed using HTTP with an XML serialization in conjunction with other Web-related standards" [14, Kap. 1.4]

[34] Extensible Markup Language

Orten ausgeführt werden können. Alle Komponenten werden lose über Netzverbindungen und Protokolle gekoppelt [24, Seite 21].

Das World Wide Web Consortium [50] definiert die Bereitstellung eines Web-Services als Unterstützung zur Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Anwendungsprogrammen, die auf unterschiedlichen Plattformen und/oder Frameworks betrieben werden.

3.2.1. Web-Service-Architektur

Die OpenGIS Web-Service-Architektur (OWS) [14, Kap. 1.1] beschreibt minimale Eigenschaften, die alle Web-Services besitzen, sowie weitere, die zwar von vielen benötigt, aber nicht in allen Diensten implementiert werden. Vorrangiges Designziel der Web-Service-Architektur ist eine interoperable Architektur.

Ressourcen und Agenten

Alles, was mittels einer URI adressiert werden kann, kann als Ressource aufgefasst werden (z.B. Bilder, CGI-Scripte, Web-Seiten). Ressourcen besitzen einen Eigentümer. Auf Ressourcen können Regeln und Beschränkungen angewendet werden.

Ein Agent ist ein Softwareprogramm, das im Auftrag einer Person oder Organisation Nachrichten versendet und empfängt. In Abgrenzung zu einem Agenten umfasst ein Service eine Menge von abstrakten Funktionalitäten einer Ressource. Zwei unterschiedliche Agenten mit gleicher Funktionalität können denselben Web-Service bereitstellen.

Architekturmodelle

Ein Modell ist eine in sich konsistente Untermenge einer Architektur. Sie widmet sich jeweils einem Aspekt der Gesamtarchitektur. Die Web-Service Architektur [14, Kapitel 2.3] benennt vier Modelle:

1. Das *Nachrichten-orientierte-Modell* beschäftigt sich mit Nachrichten, Nachrichtenstrukturen und dem Nachrichtenaustausch. Die Kernkonzepte bestehen in Agenten, die Nachrichten senden

und empfangen, in Nachrichtenstrukturen, die aus Headern und Bodys bestehen und einem Mechanismus, der die Nachrichten ausliefert.

2. Das *Service-orientierte-Modell* ist das komplexeste Modell. Es beschäftigt sich mit Aspekten des Dienstes und Aktionen. Die Kernideen bestehen darin, dass ein Dienst mittels eines Agenten realisiert wird und dieser von einem weiteren Agenten genutzt wird. Die Dienste werden dabei durch die Nachrichten gesteuert, die der Kunden-Agent mit dem Provider-Agenten austauscht.

3. Das *Ressourcen-Modell* konzentriert sich auf Ressourcen, die existieren und einen Eigentümer besitzen.

4. Das *Verfahrens-Modell* beschäftigt sich mit Regeln und Beschränkungen für das Verhalten von Agenten und Diensten. Diese Regeln drehen sich um die Ressourcen und werden auf die Agenten angewendet, die versuchen auf eine Ressource zuzugreifen. Sie werden durch die Personen in Kraft gesetzt, die für die Ressource verantwortlich sind.

Verhältnis von Web-Services zu REST

Das W3C beschreibt [14, Kap. 3.1.3] zwei Klassen von Web-Services:

1. *REST[35]-konforme Web-Services*, deren primäre Anwendung in der Manipulation von XML-Repräsentationen von Web-Ressourcen besteht und gleichförmige statusfreie Operationen verwendet und

2. *willkürliche Web-Services*, die beliebe Operationen ausführen können.

Beide Serviceklassen benutzen URIs, um Ressourcen zu identifizieren, und Web-Protokolle (HTTP und SOAP). Beide können XML-Dokumente für den Austausch von Nachrichten verwenden. Kapitel

[35] Representational State Transfer

3.2.2 beschreit die REST-Technik näher. In Kapitel 3.2.3 wird das SOAP Protokoll erläutert.

3.2.2. Representational State Transfer

Der REpresentational State Transfer (REST) [112] beruht auf den Prinzipien des World Wide Web. Es ist weder Produkt noch Standard, sondern beschreibt wie Web-Standards in einer web-geeigneten (RESTful) Weise eingesetzt werden können.

Eine REST-Architektur besteht aus Clients und Servern. Der Client initiiert eine Anfrage an einen Server; der Server bearbeitet die Anfrage und liefert eine Antwort. Anfragen und Antworten werden um den Transfer von Repräsentationen einer Ressource konzipiert. Eine direkte Manipulation der Ressource ist nicht vorgesehen. Jeder Zugriff erfolgt über den der Ressource zugeordneten URI. Eine Repräsentation einer Ressource ist typischerweise ein XML-Dokument, das den gegenwärtigen oder beabsichtigten Status der Ressource beschreibt.

Bayer [12] beschreibt folgenden Merkmale, die den REST-Stil kennzeichnen:

- Die Kommunikation erfolgt auf Abruf. Der Client ist aktiv und fordert vom passiven Server eine Repräsentation an beziehungsweise modifiziert eine Ressource.
- Ressourcen, die Objekte der Anwendung, besitzen eine ihnen zugeordnete URI, mit der sie adressiert werden können.
- Die Repräsentation einer Ressource kann als Dokument vom Client angefordert werden.
- Repräsentationen können auf weitere Ressourcen verweisen, die ihrerseits wieder Repräsentationen liefern, die wiederum auf Ressourcen verweisen können.
- Der Server verfolgt keinen Clientstatus. Jede Anfrage an den Server muss alle Informationen beinhalten, die zum Interpretieren der Anfrage notwendig sind.

- Caches werden unterstützt. Der Server kann seine Antwort als Cache-fähig oder nicht Cache-fähig kennzeichnen.

REST wurde im Kontext des HTTP-Protokolls entwickelt ist aber nicht an ein bestimmtes Protokoll gebunden.

3.2.3. SOAP

SOAP [vgl. 24] ist ein Protokoll, das vor allem zum Nachrichtenaustausch zwischen Services benutzt wird. Ursprünglich war SOAP ein von Microsoft entwickeltes, einfaches auf XML-basiertes Protokoll zum Ausführen von Remote Procedure Calls (RPC) zwischen verteilten Systemen. Seit der Version 1.1 wird es von einer Arbeitsgruppe des W3C weiterentwicklelt.

Der SOAP-1.2-Standard [143] bietet ein erweiterbares Framework, das Funktionen zum Packen und Austauschen von XML-Nachrichten bereitstellt. SOAP stellt Mechanismen für Referenzierungen bereit. Er stellt ein XML-basiertes Nachrichten Framework mit Verarbeitungstun Modell sowie ein Modell für Erweiterungen. SOAP-Nachrichten können über verschiedene Netzwerkprotokolle wie HTTP, STMP, FTP und RMI/IIOP versendet werden.

Seit SOAP 1.2 versteht sich der Name nicht mehr als Akronym. SOAP bietet Funktionalitäten in zwei Dimensionen:

1. *Service Orientiented Architectur Protocol:* SOAP-Nachrichten repräsentieren die Informationen, die notwendig sind einen Service aufzurufen, oder die Ergebnisse des Aufrufes zu verarbeiten. Die Nachrichten werden in der Service Interface Definition spezifiziert.

2. *Simple Object Access Protocol:* SOAP bietet eine optionale Erweiterung, die sich SOAP RPC nennt. Eine solche RPC-Nachricht repräsentiert eine Methode eines Objektes auf dem Remoterechner anzusprechen. In der XML-Nachricht wird neben dem Objektaufruf auch die Parameterliste übertragen.

3.2.4. Web Service Description Language

Web Service Description Language (WSDL) [27] ist eine XML-Sprache zur Beschreibung von Web-Services. Dabei beschreibt WSDL Web-Services auf zwei Ebenen: abstrakt und konkret. Hierzu wird die Darstellung der Funktionalität, die ein Web-Service anbietet, getrennt von den technischen Details, wie ein Dienst zur Verfügung gestellt. Es wird beschrieben, wie und wo eine Funktionalität angeboten wird.

1. *Abstrakte Ebene:* Die Nachrichten, die versendet und empfangen werden, werden unabhängig von einer konkreten Implementierung eines Netzwerkprotokoll oder einem konkreten Format in einem XML-Schema typisiert beschrieben.

   Operationen assoziieren Nachrichten mit Austauschmustern. Ein Nachrichtenaustauschmuster (message exchange pattern) bescheibt die Sequenz, Häufigkeiten und Adressaten und Empfänger von Nachrichten, die versendet und empfangen werden. Die Operationen werden in einem Schnittstellendokument beschrieben.

2. *Konkrete Ebene:* Hier wird die Anbindung der beschriebenen Schnittstellen an spezifische Protokolle beschrieben. Endpunkte (endpoint) machen die Schnittstelle über Adressen verfügbar. Die Endpunkte bilden zusammen die gemeinsame Schnittstelle (common interface).

WSDL beschreibt Web-Services beginnend mit den Nachrichten zwischen Anfordernden und dem Provider-Service. Die Nachrichten selber werden abstrakt beschrieben und anschließend in Bezug zu einem spezifischen Netzwerkprotokoll und Nachrichten-Format gesetzt. WSDL-Dokumente können auf jede Implementierung in einer beliebigen Programmiersprache, Plattform, Objektmodell oder Nachrichtensystem abgebildet werden [aus 14, Kap. 3.2.3].

3.2.5. OWS versus SOA

Die OGC Web Service (OWS) Architektur unterscheidet sich in einigen Punkten fundamental von den Ansätzen der Service Oriented

Architecture[36] (SOA). Kiehle, Keuck und Greve [in 66, Seite 6] führen aus: "OWS ist durchgehend zustandsfrei modelliert. Darüber hinaus ist die Integration von Security-Mechanismen bislang nicht vom OGC abgedeckt. Hier wird zwar seitens des OGC derzeit ein neuer Standard (GeoXACML) erarbeitet, jedoch ist bislang kein durchgängiges Security-Konzept verfügbar."

Auch in der Kommunikation wurden unterschiedliche Ansätze gewählt. Während in SOA SOAP[37] Nachrichten über Services[38] ausgetauscht werden setzten die OWS-Dienste auf den Austausch von XML-kodierten Dokumenten wie GML. Ebenso unterscheidet sich die Verwaltung der Service-Metadaten grundlegend. SOA nutzt WSDL zum Beschreiben der Eigenschaften von Services. OWS-Dienste hingegen implementieren einzelne gleichbleibende Operationen wie *GetCapabilities*, *DescribeCoverage*, *DescribeFeatureType*, *DescribeSensor* und *DescribeProcess*.

The Strategic Power of OGC Standards - Directions Magazine [133] charakterisiert das Verhältnis von OWS und SOA treffend:

> "The new paradigm is called "service oriented architecture" (SOA). Through OGC standards, different geospatial software systems and system components can work together over a network, usually the Internet. SOA refers to information systems in which network resident resources communicate and interoperate by means of agreed standards. When two systems implement the same OGC standard, they can work together immediately, with no integration. Legacy systems not originally designed for SOA can, without too much effort, be provided

[36] "SOA ist ein Paradigma für die Strukturierung und Nutzung verteilter Funktionalität, die von unterschiedlichen Besitzern verantwortet wird." [98]

[37] Verbreitet für die Übertragung sind Netzwerkprotokolle wie IIOP, DCOM, DCE oder SNA, CORBA, SAP RFC (Remote Function Call) und auch das Web-Übertragungsprotokolls HTTP

[38] Gängig sind dabei REST, JavaScript Object Notation, Advanced Message Queuing Protocol, auf dem Java Messaging Protocol basierte Übertragung und das XML-basierte Protokoll-Paar SOAP und WSDL.

> with new interfaces that implement the standards, so the legacy systems, too, can provide Web services in an open environment.” [39]

3.2.6. Begründung der Technologiewahl

Web-Services sind ein moderner und einfacher Weg universell einsetzbare Dienste in einem IP basierten Netzwerk verfügbar zu machen. Die nachfolgend in Kapitel 3.3 und 3.4 beschriebenen OGC-Dienste beruhen alle auf der Web-Service Technologie.

3.3. Geodienste

Für die Visualisierung, das Management und die Verarbeitung der Geodaten des Geoinformationssystems werden Dienste benötigt, die im Kapitel Common Web Services beschrieben werden. Einen Überblick über Dienste zur Sensorverarbeitung gibt das Kapitel Sensor Web Enablement. Schließlich beschreibt das Kapitel Webdienste zur Verortung Dienste, die benannten Orten und Adressen eine Geometrie zuordnen können. Mit der Begründung für die Auswahl der jeweiligen Standards wird das Kapitel abgeschlossen.

3.3.1. Common Web Services

Das OGC [vgl. 145] hat vier grundlegende Geodienste (Services) spezifiziert, mit deren Hilfe der einfache Zugriff und die einheitli-

[39] dt.: Das neue Paradigma heißt “Serviceorientierte Architektur” (SOA). Mit OGC Standards können verschiedene geographische Software-Systeme und andere Systemkomponenten über ein Netzwerk, üblicherweise das Internet, zusammen arbeiten. SOA beschreibt ein Informationssystem in dem ein Netzwerk Ressourcen beherbergt, die mittels vereinbarter Standards miteinander kommunizieren und interagieren. Wenn zwei Systeme denselben OGC Standard implementieren, können sie direkt und ohne Integration miteinander arbeiten. Ältere, nicht für SOA entworfene Systeme, können, mit sehr viel mehr Aufwand, um eine Schnittstelle ergänzt werden, die den Standard implementiert, so dass auch ältere Systeme Web-Services in einer offenen Umgebung zur Verfügung stellen können.

che Darstellung von spatial Vektor- und Rasterdaten möglich ist. Diese Geodienste heißen *Web Map Service*, *Web Feature Service*, *Web Coverage Service* und *Catalog Service for Web*. Abbildung 3.3 zeigt eine graphische Übersicht über diese Geodienste und deutet Geoanwendungen an, die diese Services konsumieren können.

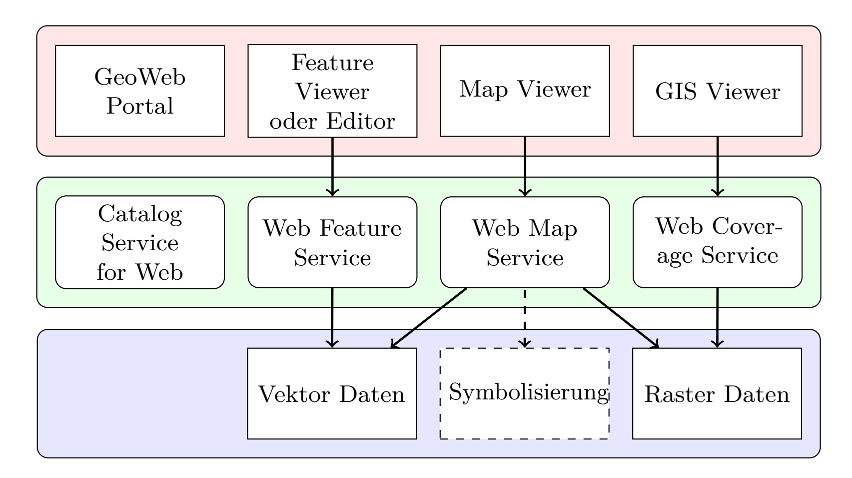


Abbildung 3.3.: OpenGIS Common Web Servies

Web Map Service

Ein Web Map Service (WMS) [145] erlaubt das Abrufen von Ausschnitten aus Karten über das World Wide Web. Ein WMS kann Karten sowohl aus Vektor- als auch aus Rasterdaten visualisieren. Darüber hinaus erlaubt dieser Geodienst die Abfrage der Metainformationen, die zur Visualisierung in der Geoanwendung notwendig ist und gibt Auskunft über die zugrundeliegenden Geodaten.

Das Ergebnis der Anfrage an diesen Geodienst wird meistens in einem einfachen Raster-Grafikformat wie PNG[40] oder JPEG[41] geliefert. Auch Vektorformate wie SVG[42] oder WebCGM[43] sind möglich. Der Service kann daher von jedem Browser aus angesprochen werden.

Eine Spezialform des WMS ist der *Tile Map Service* (TMS) bei dem die Kartenausschnitt aus zuvor berechneten und im Cache abgelegten Kacheln zusammengesetzt werden.

Ein WMS unterstützt drei Operationen:

1. *GetCapabilities* liefert die Fähigkeiten des Geodienstes in XML-Form. Neben allgemeinen Angaben zum Anbieter werden Informationen zu unterstützen Ausgabeformate und über verfügbare Layer zurückgegeben.

2. *GetMap* liefert einen Kartenausschnitt als georeferenziertes Rasterbild. Die Abfrage kann gezielt auf bestimmte Layer, dem Ausgabeformat, Auflösung und geographischen Bereich eingeschränkt werden.

3. *GetFeatureInfo* liefert thematische Informationen zu einer Position im dargestellten Kartenausschnitt im XML-Format. Diese Operation ist optional.

Web Feature Service

Der Web Feature Service (WFS) [145] ermöglicht optional den schreibenden Zugriff auf Geodaten in Vektorform. Das Ergebnis der Anfrage wird in dem Dateiformat GML geliefert und repräsentiert geographische Features.

Ein Feature ist die Abstraktion eines realen Faktums (z.B. eine Straße, ein Gebäude oder eine Bergspitze). Gleichartige Features

[40]Portable Network Graphics
[41]Joint Photographic Experts Group
[42]Scaleable Vectory Graphics
[43]Web Computer Graphics Metafile

werden in Klassen, dem *Feature Typ* zusammengefasst. Ein Feature Typ wird mittels Namen, weitere beliebige Attribute und einer Geometrie beschrieben. So ist beispielsweise der Rhein die Instanz eines Features so lautet der Feature Typ Fluss.

Ein WFS unterstützt sechs Operationen:

1. *GetCapabilities* liefert die Fähigkeiten des Geodienstes in XML-Form.

2. *DescribeFeatureType* liefert Informationen zur Struktur eines Feature-Typs.

3. *GetFeature* liefert Feature Instanzen. Das Abfrageergebnis kann durch Attribut-Werte und Geometrien eingeschränkt werden.

4. *GetGmlObject* liefert eine GML-Datei.

5. *Transaction* erlaubt das Schreiben, Aktualisieren und Löschen von Features.

6. *LockFeature* schränkt den Zugriff auf ein Feature während einer Transaktion ein, damit es von keiner anderen Instanz geändert werden kann.

Es werden drei Typen von WFS unterschieden:

1. *Basic WFS:* Erlaubt den ausschließlich lesenden Zugriff mittels den drei Operationen *GetCapabilities*, *DescribeFeature* und *GetFeature*.

2. *XLink WFS:* Erweiteter Basic WFS, der die Operation *GetGmlObject* unterstützt.

3. *Transaction WFS:* Erlaubt den schreibenden Zugriff. Die Operation *GetGmlObject* ist allerdings optional.

Web Coverage Service

Ein *Web Coverage Service* (WCS) [vgl. 11, 72, 106] liefert die Abdeckung mit Rasterbildern (z.B. Luftaufnahmen) in einem bestimmten geographischen Raum. Der Geodienst unterstützt verschiedene Datenformate wie DTED, GeoTIFF, HDF-EOS und NITF. Darüber hinaus werden verschiedene Datenlayer unterstützt.

Der Service unterstützt drei Operationen:

1. *GetCapabilities* liefert die Fähigkeiten des Geodienstes in XML-Format.
2. *DescribeCoverage* liefert eine Liste mit Metadaten zu allen Objekten, die geographisch in dem gewählten Bereich liegen.
3. *GetCoverage* fordert den Geodienst auf eine bestimmte Abdeckung in einem gewählten geographischen Bereich (bounding box) zu prozessieren und dem Aufrufer zu liefern. Das gelieferte Format wird durch den Aufrufer gewählt.

Catalog Service for Web

Ein Catalog Service for Web (CSW) [71] veröffentlicht Informationen (Metadaten) über Geoanwendungen, Geodienste und Geodaten in einer Geodateninfrastruktur. Die Metadaten über Geodaten und Geoanwendungen werden nach dem Standard ISO 19115 und die Metadaten über Geodienste nach dem Standard ISO 19119 abgelegt.

Ein CSW kann bis zu drei Operationen unterstützen:

1. Die *Selektion* (Discovery) wird von den Suchmaschinen der Geodateninfrastruktur verwendet und liefert dem Anwender Informationen über die Geoanwendungen, Geodienste oder Geodaten. Diese Funktion muss durch jeden CSW implementiert werden.
2. Die *Manipulation* (Transaction) erlaubt es Metadaten in den Katalog zu schreiben, vorhandene zu aktualisieren oder zu entfernen. Sie ist optional.

3. Die *Sammlung* (Harvesting) erlaubt es Metadaten aus externen Katalogen in den eigenen zu übernehmen um eine umfassende Selektion zu ermöglichen. Sie ist optional.

3.3.2. Sensor Web Enablement

OpenGIS Sensor Web Enablement [16, 15] ist der Name einer Initiative des OGC, die sich zum Ziel gesetzt hat, eine einmalige und revolutionäre Plattform für die Auswertung von Web-verbundenen Sensoren und Sensor-Systemen zu entwickeln [16, Seite 4].

Aus dieser Initiative sind die Spezifikationen von zwei Informationsmodellen und drei Geodiensten hervorgegangen, die sich zur Zeit noch im Entwurfsstadium befinden:

1. *Sensor Model Language* (SensorML) stellt ein Informationsmodell und XML-Kodierungen für das Auffinden (Discovery), Abfragen (Query) und Bedienen (Controlling) von Web-verbundenen Sensoren.

2. *Observations & Measurements* (O&M) stellt ein Informationsmodell und Kodierungen für Meldungen (Observations) und Messungen (Measurements) bereit.

3. *Sensor Observation Service* (SOS) ist ein Geodienst, der von Sensoren und Sensorsystemen Meldungen einsammelt.

4. *Sensor Planning Service* (SPS) ist ein Geodienst, der der Beauftragung von Sensoren dient.

5. *Web Notification Service* (WNS) ist ein Geodienst, der es erlaubt asynchrone Nachrichten zwischen zwei lang andauernden Prozessen auszutauschen.

3.3.3. Webdienste zur Verortung

Zur Verortung von Dokumenten und Nachrichten werden Dienste benötigt, die Koordinaten in Ortsnamen und Adressen in Koordinaten

wandeln können. Für diesen Aufgabebereich hat das OpenGIS Konsortium die beiden Webdienste Web Gazetteer Service und Geoparser Service spezifiziert.

Web Gazetteer Service

Ein *Gazetteer* [145, 105] ist ein elektronisches Nachschlagewerk für Ortsnamen, Beschreibungen und zugehörigen Geometrien. Ein *Web Gazetteer Service* (WGS) wird für die Transformation einer Menge von Ortsnamen in eine Menge zugehöriger, spezifischer Geometrien. Darüber hinaus kann ein Gazetteer-Service auch die Fähigkeit besitzen Adressen in Koordinaten zu wandeln (geocoding, Geoparser Service).

Fragt man diesen Web-Service zum Beispiel mit den Begriffen *Bonn* und *Deutschland* an, so wird er das Feature *Bonn, Bundesstadt, Nordrhein-Westfalen, 50°44' N, 7°6' O* zurückliefern. (Der Web-Service wird noch etliche Treffer mehr liefern, da die Worte *Bonn* und *Deutschland* alleine nicht selektiv genug ist.)

Die OGC Gazeteer Service Spezifikation [40, 7] ist eine Spezialisierung eines OpenGIS Web Feature Services *WFS-G*. Die Spezifikation spricht von einem Anwendungsprofil (application profile). Zwei Merkmale unterscheiden einen Gazetteer-Service von einem Web Feature Service:

1. Die Vektoren, die von einem Gazetteer-Service zurückgeliefert werden, haben einen immer gleichbleibenden Typ.

2. Anfragen unterstützen Eltern-Kind-Beziehungen, damit in der Hierachie der Vektoren leicht navigiert werden kann (z.B. von der Stadt Bonn auf das Bundesland NRW).

Ein WFS-G unterstützt folgende Operationen (vgl. Kapitel 3.3.1):

1. GetCapabilities

2. DescribeFeatureType

3. GetFeature

4. GetGMLObject

Basierend auf diesen Operationen sind zwei Klassen von Gazetteer-Services definiert:

1. *Basic Gazetteer Service:* Implementiert GetCapabilities, DescribeFeatureType und GetFeature.
2. *XLink Gazetteer Service:* Implementiert alle der 4 genannten Operationen.

Geoparser Service

Lansing [80] beschreibt den OpenGIS Geoparser Service (OGS) als einen Web-Service, der sich auf das Parsen von Geometrien und das Kodieren von Freitext Nachrichten, wie z.B. Ortsnamen, konzentriert. Er liefert eine Menge von Features, welche die Wörter und Phrasen der originalen Textquelle repräsentieren.

Der Geoparser Service unterstützt die folgenden notwendigen und optionalen Operationen:

1. notwendig
   a) GetCapabilities
   b) GetFeature
   c) DescribeFeatureType
2. optional
   a) Transaction
   b) LockFeature

Die detaillierten Beschreibungen der Operationen können dem Unterkapitel 3.3.1 entnommen werden.

Obwohl die Operationen den WFS-Operationen (Kapitel 3.3.1) gleichen, ist der Geoparser Service nicht als WFS Profil spezifiziert. Faktisch kann man ihn jedoch als WFS auffassen, der das Parsen als

Seiteneffekt im Hintergrund erledigt. Die Spezifikation befindet sich nach 10 Jahren noch immer im Entwurfsstadium, dennoch existieren eine Vielzahl von Referenzimplementierungen.

3.3.4. Begründung der Technologiewahl

Alle namenhaften GIS Hersteller sind im Open GIS Consortium vertreten. Die OGC Common Web Services sind der interoperable Standard für den Zugriff, die Katalogisierung und die Visualisierung von Geographischen Informationen. In der Vergangenheit war man gezwungen, Datenbanken, Datenmodell und GIS System durchweg von demselben Hersteller zu kaufen. Die Standards des OGC erlauben es, diese Einschränkung zu überwinden.

Der Web Gazetteer Service und der Geoparser Service stammen ebenfalls aus dem Technologie-Portfolio des OGC. Zusammen ermöglichen sie die Adressauflösung von Ortsbezeichnungen und Adressen zu geographischen Koordinaten. Sie sind kompatibel mit den Common Web Services. Die Sensor Web Enablement Initiative des OGC erlaubt die Integration von Sensordaten und Sensornetzen und verwaltet diese einheitlich mittels CSW.

3.4. Meldungen und Ereignisse

Sensorereignisse und Nachrichtenmeldungen sind wesentliche Informationsquellen für die Analyse der Lage und die Bewertung des Risikos. Die nachfolgende vorgestellten Formate *Really Simple Syndication* (RSS) [115] und *Atom Syndication Format* (ATOM) [47] sind zwei konkurrierende Dateiformate für die Verbreitung und Veröffentlichung von Nachrichten. Beide Formate erfreuen sich einer großen Beliebtheit und sind weit verbreitet im Internet. Beide Standards unterstützen primär keine Georeferenzierung. Mit der Erweiterung GeoRSS lässt sich diese jedoch für RSS und ATOM nachrüsten.

Die Formate RSS und ATOM verwenden ein spezielles Vokabular:

Syndication beschreibt den Austausch oder die Mehrfachverwendung medialer Inhalte [vgl. 135, Seite 19ff]. Der Begriff Syndication wurde 1895 durch den Verleger William Randolph Hearst in den USA geprägt, als dieser mit der Vermarktung von Comic Strips für Tageszeitungen (The Yellow Kid) begann. Die Syndicates lizenzierten die Comics verschiedener Zeichner an Verlage im ganzen Land. Das bot auch kleinen Regionalzeitungen die Möglichkeit, ihren Lesern populäre Comics anzubieten. Sie konnten so ihre Wochenendausgaben attraktiver gestalten und Abonnenten gewinnen. Die Zeichner wiederum mussten sich nicht selbst um den Verkauf kümmern. Das von Hearst 1915 mitgegründete Unternehmen King Features Syndicate ist das älteste dieser Art und beliefert heute auch TV-Stationen und Kabel-TV-Anbieter.

Publishing oder Veröffentlichung beschreibt den Vorgang der öffentlichen Verfügbarmachung eines Mediums.

Feed bedeutet Einspeisung und Zufuhr. Newsfeed wird im Deutschen als Bezeichnung für elektronische Nachrichten aus dem Internet verwendet, die kostenlos abonniert und automatisch in einen Feedreader oder auch in den Internetbrowser oder das EMail-Programm eingespeist werden können, verwendet. Die Begriffe Feed, Newsfeed und Channel (Kanal) werden im Folgenden als Synonyme verwendet

Neben Nachrichtenmeldungen, die von natürlichen Personen verfasst werden, spielt die Übermittlung von Sensormeldungen, wie Pegelstandsmeldungen oder Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen, eine wachsende Rolle. Der Sensor Observation Service ist eine generische Lösung, die es erlaubt, beliebige Sensorinformationen aufzunehmen und zu verarbeiten.

3.4.1. Really Simple Syndication

Really Simple Syndication (RSS) [vgl. 115] ist ein XML-Format für die Veröffentlichung und Verbreitung von Nachrichten und anderen Web-Inhalten im Internet. Die erste Version von RSS wurde

1997 von der Firma “UserLand Software” aus einer individualisierbaren Nachrichtenseite “My Netscape Network” erarbeitet. Durch die Verwendung im Netscape-Dienst *myNetscape.com* wurde das Format populär. Heute hat sich das Format als gängiger Standard durchgesetzt und ist weit verbreitet. Große Nachrichtenprovider wie CNN, BBC und tagesschau.de bieten ihre Inhalte im RSS-Format an. Das RSS-Format ist von der Harvard-Universität urheberrechtlich geschützt und eingefroren [vgl. 116]. Es wird durch den Medientyp *application/rss+xml* identifiziert.

Im Vergleich zu HTML-Seite sind RSS-Dateien stark strukturiert und ohne Design- und Layoutanteile aufgebaut. Erst ein RSS-Reader interpretiert die Dateien und stellt diese dar. Da RSS-Dateien immer gleich aufgebaut sind, sind die RSS-Reader in der Lage die Informationen aus verschiedenen Quellen einheitlich, übersichtlich und gleichzeitig anzuzeigen und zusammenzufassen.

Nachrichten werden in Nachrichtenkanälen (Channels, Newsfeeds) gruppiert. Jeder Kanal besteht aus zwingend vorgeschriebenen und einigen optionalen Elementen. Da die RSS-Spezifikationen in der Version 2.0 nur durch weitere optionale Elemente erweitert wurde, ist ein Kanal, der ausschließlich die zwingend vorgeschrieben Elemente enthält, bereits mit der RSS-Spezifikation in der Version 1.0 konform.

- Zwingend erforderliche Elemente eines RSS-Kanals sind:
  - Der *Titel* des Kanals,
  - einen *Link* auf die zugehörige Web-Seite und
  - eine kurze *Beschreibung* des Kanals.
- Die optionalen Elemente eines RSS-Kanals sind:
  - Die *Sprache*, in der die Nachrichten im Kanal geschrieben wurden gemäß RFC 1766 [5],
  - die Copyright-Informationen,
  - eine Email-Adresse der Person, die für den *Inhalt verantwortlich* ist,
  - eine Email-Adresse des *Web-Masters* der Webseite,

   - *Datum der Veröffentlichung*,
   - das letzte *Änderungsdatum* der Datei,
   - eine oder mehrere Kategorien, in die der Kanal einzuordnen ist,
   - der Name der *Software*, die die Datei erstellt hat,
   - ein Link auf die *RSS-Spezifikation*,
   - die Informationen zum *Registrieren des Kanals in einer Cloud*,
   - das *Verfallsdatum*,
   - ein *Bild* im GIF-, JPEG- oder PNG-Format,
   - eine *Platform for Internet Content* (PICS [142]) Bewertung,
   - ein Beschreibung für eine Text-Input-Box,
   - einen Hinweis für den RSS-Reader, in welchen *Stunden* er *auslassen* kann und
   - einen Hinweis für den RSS-Reader, welche *Tage der Woche* er *auslassen* kann.

Auch die Nachrichten der Kanäle selber besitzen einige wenige, zwingend vorgeschriebene und eine Auswahl optionaler Elemente:

- Zwingend vorgeschrieben enthält eine Nachricht die folgenden Elemente:
   - Titel der Nachricht (vergleichbar mit einer Überschrift),
   - Link auf eine Webseite oder ein Dokument und
   - Beschreibung des Nachrichteninhalts (vergleichbar mit einer Kurzzusammenfassung).
- Ergänzend könnten weitere Elemente folgen:
   - Autor des Artikels,
   - Einordnung in Kategorien,

  - Link auf eine Webseite, auf der der Artikel kommentiert werden kann,
  - Links auf multimedial, eingebettete Objekte,
  - Global eindeutige Nummer (Global Unique Identifier GUID),
  - das Datum der Veröffentlichung und
  - Link auf den RSS-Kanal, der die Nachricht enthält.

3.4.2. Atom Syndication Format

Das Atom Syndication Format (ATOM) ist RSS sehr ähnlich. Der RFC 4287 [97] spezifiziert das Format. Beim Atom-Format handelt es sich um ein wohlgeformtes XML-Dokument, das durch den Medientyp *application/atom+xml* identifiziert wird. Das Format wird durch die *IETF Atom Public Working Group* fortgeschrieben.

Wie RSS besteht ein Feed aus Metadaten und den Artikeln und besitzt notwendige, empfohlene und optionale Elemente (siehe [47]):

- **Feed-Metadaten:**
  - Notwendige Elemente:
    - Ein eindeutiger Schlüssel im URI Format (siehe RFC 3986 [10]),
    - der Titel des Feeds und
    - eine Datum-Uhrzeitgruppe der letzten Aktualisierung des Feeds.
  - Empfohlene Elemente:
    - Die Autoren des Feeds und
    - ein Link zu einer verknüpften Webseite.
  - Optionale Elemente:
    - die Kategorien des Feeds,
    - die Namen der Mitarbeiter,

    * der Name der Software, die den Feed erzeugt,
    * ein Link auf ein Symbol,
    * ein Link auf ein Logo (Bild),
    * rechtliche Informationen und
    * eine textuelle Beschreibung des Inhalts des Feeds.

- **Artikel Metadaten:**
  - Notwendige Elemente:
    * Ein eindeutiger Schlüssel im URI-Format (siehe RFC 3986 [10]),
    * der Titel des Artikels und
    * eine Datum-Uhrzeit-Gruppe der letzten Aktualisierung des Artikels.
  - Empfohlene Elemente:
    * Die Autoren des Artikels,
    * der Inhalt des Artikels,
    * ein Link auf eine verknüpfte Web-Seite und
    * eine Zusammenfassung des Artikels.
  - Optionale Elemente:
    * Die Kategorien des Artikels,
    * Namen der am Artikel beteiligter Mitarbeiter,
    * Datum-Uhrzeit-Gruppe der Veröffentlichung,
    * falls der Artikel aus einem anderen Feed kopiert wurde, kann die Ursprüngliche Quelle aufgenommen werden und
    * rechtliche Informationen zum Artikel.

3.4.3. GeoRSS

GeoRSS ist eine Erweiterung für die Newsfeed-Formate wie RSS 2.0 und ATOM 1.0. Sie erlaubt eine Georeferenzierung der Artikel. Die GeoRSS Comunity [44] hat zwei Modi "GeoRSS-Simple" und "GeoRSS-GML" für die Kodierung der Geometrien spezifiziert:

1. *GeoRSS-Simple* ist ein besonders einfaches textorientiertes Format, das Entwicklern besonders schnell und leicht ihren bestehenden Diensten mit wenig Aufwand hinzufügen können. Unterstützt werden einfache Geometrien (Punkt, Linie, Box und Polygon). Die Koordinaten werden in Geographischen Koordinaten auf dem Ellipsoiden WGS-84[44] kodiert.

2. GeoRSS GML kodiert die Geometrien in OpenGIS GML[45] Format [105], das eine große Spanne von Vektoren und unterschiedlichen Koordinatensystemen unterstützt.

3.4.4. Sensor Observation Service

Der Sensor Observation Service (SOS) ist Teil der Sensor Web Enablement Initiative [15] und seit 2007 offizieller OGC Standard [91]. SOS stellt eine Web-Service-Schnittstelle bereit, die die Abfrage und den Empfang von Echtzeitdaten und archivierten Datenreihen von Sensoren und Sensorsystemen ermöglicht. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Sensoren mobil oder stationär, lokal oder remote angebunden sind. Die angebotenen Sensordaten umfassen sowohl in SensorML kodierte Beschreibungen der Sensoren als auch die von den Sensoren erzeugten im SOS-Format kodierten Messwerte. Der Sensor Observation Service transactional (SOS-T) ist eine erweitere Variante des SOS, der es erlaubt, neue Sensoren über die Schnittstelle zu registrieren und schreibend Messwerte einzufügen. Abbildung 3.4 zeigt den exemplarischen Aufbau eines Sensorverbundes mittels Sensor Observation Services.

[44]World Geodetic System von 1984
[45]Geographic Markup Language

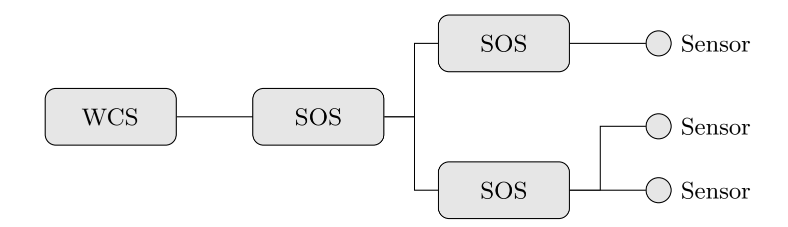


Abbildung 3.4.: Exemplarischer Aufbau eines Sensorverbundes mittels Sensor Observation Services.

SOS unterstützt drei Operationen im *Kernprofil* (core profile), die von jedem SOS realisiert werden müssen:

1. *GetCapabilities* liefert eine Beschreibung im XML-Format über die in der SOS-Schnittstelle implementierten Operationen und Informationen über verfügbare Sensordaten. Die Informationen über die Sensordaten enthalten zum Beispiel die Zeiträume für die Daten verfügbar sind, die Prozesse, welche die Daten verarbeiten oder das Phänomen, das beobachtet wird (z.B. Pegelstand).

2. *GetObserveration* liefert Beobachtungswerte (Messwerte) mit Metadaten im Observations & Measurements Format.

3. *Describe Sensor* liefert die Sensormetadaten im SensorML Format (z.B. physikalische Parameter oder Kalibrierungsdaten).

Neben dem Kernprofil beschreibt der Standard ein transaktionales (transactional profile) und ein erweitertes Profil (enhanced profile), die neben den Operationen des Kernprofiles weitere anbieten:

1. Operationen des *transaktionales Profils*
   a) *RegisterSensor* meldet einen neuen Sensor an dem SOS an.

   b) *InsertObservation* fügt Messdaten von einem registrierten Sensor in den SOS ein.

2. Operationen des *erweiterten Profils*
   a) *GetResult* liefert für kontinuierliche Messungen die Messdaten ohne Metadaten.
   b) *GetFeatureOfInterest* liefert die Geometrie des beobachteten Objekts GML-kodiert zurück.
   c) *FetFeatureOfInterestTime* liefert Zeitperioden, in denen Messwerte vorliegen.
   d) *DescribeFeatureType* liefert den Typ des beobachteten Objektes.
   e) *DescribeObservationType* liefert den Typ der Beobachtung.
   f) *GetObservationById* ermöglicht die gezielte Abfrage einer spezifischen Beobachtung.
   g) *DescribeResultModel* liefert das XML-Schema des Messwertes. Diese Operation ist für komplexe Messwerte (z.B. Radar oder Multispektral) von Bedeutung.

3.4.5. Begründung der Technologiewahl

RSS und ATOM sind nahezu gleichwertige Formate für den Austausch von Nachrichten. Ruby [116] vergleicht RSS und ATOM ausführlich. Nach seiner Einschätzung wird RSS nicht weiter entwickelt werden. Er zeigt auf, dass im ATOM-Format, im Gegensatz zum RSS-Format, die Elemente Beschreibung und Inhalt als eigenständige Container ausgeführt sind. Die Kodierung des Inhaltes wird explizit aus Attribut dem Container mitgegeben, ein Reader muss keine impliziten Annahmen machen. RSS kann nur Elemente seines eigenen XML-Namespaces aufnehmen, Atom hingegen ist durch Elemente anderer XML-Namespaces erweiterbar. Beide Standards sind im Internet weit verbreitet. Die meisten Provider unterstützen beide Formate.

GeoRSS [44] ist sowohl für RSS als auch für ATOM ohne Einschränkungen nutzbar und erweitert die beiden Standards um normierte Koordinateninformationen. RSS und ATOM-Nachrichten können so direkt Geometrien transportieren und müssen nicht nachträglich verortet werden.

Der SOS als Teil der OGC Sensor Web Enablement Initiative [15, 16] integriert sich ohne Probleme in den Katalogdienst des CSW. Universell einsetzbar erlaubt er es, vereinheitlichte Informationen von Sensoren und Sensornetzwerken im zentralen Katalog verfügbar zu machen.

3.5. Informationsbeziehungen

Die Entitäten eines Geoinformationssystems besitzen vielfältige Informationsbeziehungen zueinander. Diese Informationsbeziehungen können entweder explizit bekannt sein oder implizit das Ergebnis einer Raum-Zeit-Betrachtung sein.

Das TIE Model erlaubt es, bekannte Informationsbeziehungen explizit zu modellieren. Der Benutzer hat so die Möglichkeit beliebige Informationen miteinander zu verknüpfen. Der Ansatz des Temporal Spatial GIS und der Featuredaten Repräsentation in RDBMS[46] ermöglichen Raum- und Zeitbezüge herzustellen. Das Kapitel wird mit einer Diskussion der Begründungen für die Auswahl der jeweiligen Technologien abgeschlossen.

3.5.1. TIE Model

Informationsbeziehungen in relationalen Datenbanken werden klassisch mittels Fremdschlüsselbeziehungen modelliert: Der Attributwert eines Schlüssels ("primary key") identifiziert ein Tupel eindeutig innerhalb einer Relation. Verwendet man den Schlüssel einer Relation als Attribut einer anderen Relation spricht man von einem Fremdschlüssel ("foreign key") [65, Seite 156]. Der Vorteil einer Modellierung

[46] Relationales Datenbank Management System

mittels Fremdschlüssel liegt in der Garantie der Datenbank für die die Einhaltung der referentiellen Integrität[47].

Fremdschlüsselbeziehungen eignen sich besonders gut für die Modellierung von $1 : n$ – Beziehungen zwischen Tabellen (Relationen). Das Schema lässt sich für $m : n$ – Beziehungen zwischen den Tabellen A und B weiterführen, in dem man eine zusätzliche Verbindungstabelle einführt. In dieser Verbindungstabelle werden nun Fremdschlüsselpaare aus A und B gespeichert. Nimmt man weitere Tabellen hinzu, zwischen denen eine $m : n$ – Beziehung modelliert werden soll, wird für jede modellierte Beziehung eine solche Verbindungstabelle benötigt. Die Menge der benötigten Tabellen N für Beziehungen zwischen n Tabellen lässt sich leicht berechnen: $N = \sum_{i=1}^{n} i = \frac{n(n+1)}{2}$.

Möchte man darüber hinaus Beziehungen von unterschiedlichen Typen modellieren, so wird für jeden Typ nochmals eine eigene Verbindungstabelle benötigt. Geht man vereinfacht von m zu modellierenden Typen pro Beziehung aus, berechnet sich die Anzahl der benötigten Verbindungstabellen als $N = m\frac{n(n+1)}{2}$. Bei 3 Verbindungstypen zwischen 5 Tabellen benötigt man beispielsweise bereits 45 Verbindungstabellen.
Das TIE Model erlaubt es, in einer Relationalen Datenbank typisierte $m : n$ – Beziehungen zwischen Entitäten beliebiger Relationen mittels einer einzigen Verbindungstabelle zu modellieren. Der Trick liegt darin, nicht nur die Fremdschlüssel, sondern auch die Namen der Tabellen sowie einen Assoziationstyp in der Verbindungstabelle zu speichern. Abbildung 3.5 visualisiert zwei Tabellen mit der Verbindungstabelle in der Mitte.

Der Nachteil dieser Art der Modellierung von Beziehungen zwischen Tabellen liegt darin, dass die Datenbank nicht mehr für die

[47] Seien R und S zwei Relationen mit den Schemata R und S. Sei κ Primärschlüssel von R. Dann ist $\alpha \subset S$ ein Fremdschlüssel, wenn für alle Tupel $s \in S$ gilt:

1. $s.\alpha$ enthält entweder nur Nullwerte oder nur Werte ungleich Null.
2. Enthält $s.\alpha$ keine Nullwerte, existiert ein Tupel $r \in R$ mit $s.\alpha = r.\kappa$.

Die Erfüllung dieser Eigenschaft wird *referentielle Integrität* genannt [in 65, Seite 156].

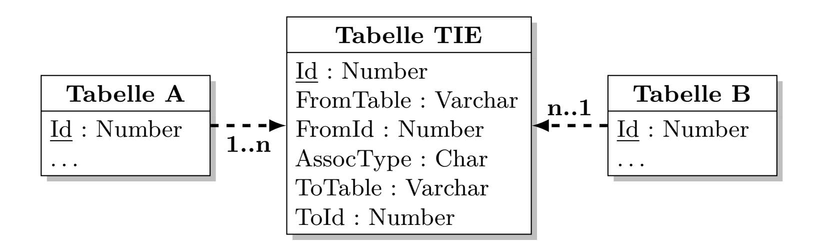


Abbildung 3.5.: Schematische Darstellung des TIE Models in Form eines Entity Relationship Diagramms.

referentielle Integrität der Schlüssel garantieren kann. Diesem Umstand kann jedoch leicht mittels eines Triggers abgeholfen werden. Das Listing 3.1 zeigt exemplarisch den benötigten Quellcode.

Listing 3.1: Trigger, der die Datenintegrität der TIE-Tabelle prüft.

```
1  CREATE OR REPLACE TRIGGER CHECK_TIE_TRG
     BEFORE INSERT OR UPDATE
3    ON TIE
   AS
5    cnt int := 0;
     sql varchar(1024) := "";
7
     e_tie_check_contraint_violated EXCEPTION
9    PRAGMA_EXCEPTION_INIT (
         e_tie_check_contraint_violated, -2292);
   BEGIN
11   sql := 'SELECT␣COUNT(Id)␣FROM␣'||:NEW.FromTable||'␣
         WHERE␣Id='||:NEW.FromId;
     execute immediate sql into cnt;
13   IF cnt != 1 THEN
       raise e_tie_check_contraint_violated;
15   END IF;

17   sql := 'SELECT␣COUNT(Id)␣FROM␣'||:NEW.ToTable||'␣
         WHERE␣Id='||:NEW.ToId;
```

```
    execute immediate sql into cnt;
19  IF cnt != 1 THEN
      raise e_tie_check_contraint_violated;
21  END IF;
END CHECK_TIE_TRG;
```

3.5.2. Temporal Spatial GIS

Die Betrachtung von Zeit im GIS ist in der Literatur ein Thema, das insbesondere seit den 90er Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Dennoch gibt es bis dato keine einheitliche Methodik, um Muster in der Beziehung zwischen Menschen, Orten und Zeiten aufzudecken.

Historisch gesehen wurde das GIS als papierlose Karte aufgefasst. Zeit konnte in dieser Betrachtung nur als Folge von verschiedenen Einzeldateien betrachtet werden. Diesen Ansatz weiterverfolgend, wird in heutigen Systemen häufig die Zeit als Abfolge von Layern im GIS betrachtet, die die verschiedenen Versionsstände repräsentieren. Dieser Ansatz kommt der Betrachtung eines Videos gleich. So greifen diese Systeme jedoch deutlich zu kurz. Alles hat seinen Platz. Alle Dinge erscheinen oder existieren in einer Beziehung zu Zeit und Raum (Peuquet [in 54, Seite 4]).

Beziehung von Zeit und Raum

Für die Begriffe Raum und Zeit gibt es vielfältige Definitionen, die aber kaum Klarheit schaffen und wenig hilfreich sind. Peuquet führt in [54, Seite 4-5] an, dass Webster's New Twentieth Century Englisch Dictionary alleine zwölf Definitionen für Raum und 29 Definitionen für Zeit auflistet.

Peuquet unterscheidet zwei Sichten auf Raum und Zeit:

1. Die *Absolute Sicht* konzentriert sich auf Raum und Zeit als konstante Größen. Objekte besitzen eine unveränderbare Geometrie, deren Position durch eine Raum-Zeit-Matrix bestimmt ist.

Minkowski führte den mathematischen Ansatz, der später durch Einstein in seiner Relativitätstheorie aufgegriffen wurde, ein, die Zeit als die vierte Dimension des Raumes in einem Kartesischen Koordinatensystem zu betrachten. Sie führte zur der bekannten Schreibweise als Quadtupel (x, y, z, t) mit (x, y, z) als die Position im Raum und t als Zeitpunkt. Diese Sicht auf Raum und Zeit wird zum Beispiel in der Sensorik verwendet.

2. Die *Relative Sicht* fasst Raum und Zeit subjektiv auf. Raum und Zeit werden als Beziehung untereinander bestimmt. Dieser Ansatz erfordert explizite Interpretation der Prozesse und Änderungsmuster. Diese Sicht auf Raum und Zeit spielt für die Betrachtung von Zusammenhängen natürlicher Ereignisse eine Rolle.

In keiner der beiden betrachteten Sichten existieren Raum und Zeit unabhängig voneinander – vielmehr stehen Raum und Zeit in einem kausalem Zusammenhang. Raum und Zeit sind kontinuierliche, nicht endliche Größen. Sie lassen sich beide in diskreten Einheiten mit fester oder variabler Länge messen, auch wenn dies nur mit verschiedenen Einheiten für die Zeit- und Raummessung möglich ist.

> “Space is a still of time, while time is space in motion – the two taken together constitute the totality of the ordered relationships characterizing objects and their displacements.” [110, Seite 2].

Wird der Raum betrachtet, so steht die Zeit still. Die Betrachtung der Zeit geht jedoch mit der Beobachtung der Veränderung des Raumes einher. Werden Raum und Zeit jedoch zusammen betrachtet, ergibt sich eine totale Beziehung, welche die Ordnung der Objekte und ihre Position beschreibt. Die Zeit gruppiert Informationen. Diese Gruppierung geschieht entweder nach gleichartigen Attributen der Bewegungsmuster oder nach spezifischen Mustern der Bewegung selbst. Eine Menge gleichartiger, bewegter Gegenstände wird genauso als Einheit aufgefasst werden, wie eine wiederholte Abfolge von Veränderungen als Einheit aufgefasst werden wird.

Raum-Zeit-Konzepte

Die gewinnbringende Analyse von Raum und Zeit ist weit mehr als die bloße Betrachtung von 4D-Koordinaten. Wachowicz beschreibt [in 54, Seiten 13-18] drei Datenmodelle, die von den verschiedenen Experten der Wissensdomäne angewendet werden:

1. Das *Raum-dominierte Datenmodell* hat seinen Ursprung in der traditionellen Kartographie. Es betrachtet den Raum als einen Container, in dem die Entitäten nur dann existieren, wenn sie mit einem Layer oder einem Thema verknüpft sind. Jeder Layer im GIS stellt in diesem Modell einen Zeitpunkt oder Zeitspanne dar. Analysiert wird die Ähnlichkeit und die Änderung von Zuständen zu verschiedenen Zeitpunkten. Diese Art von Analyse findet sowohl mit Vektor- als auch mit Rasterdaten Verwendung.

2. Das *Zeit-dominierte Datenmodell* wird in der Archäologie, der Geologie und den Umweltwissenschaften angewandt. Die Zeit wird hier als Zeitstrahl aufgefasst in dem alle Ereignisse eingereiht werden. Die Analyse widmet sich der Abfolge von Ereignissen. Der betrachtete Raum ist variabel und immer dort, wo das betrachtete Ereignis gerade stattfindet.

3. Die *relative Raum-Zeit-Sicht* findet Verwendung bei der Analyse von Formen, Mustern, Funktionen, statistischen Zusammenhängen und Verteilungen. Raum und Zeit werden als koexistent angenommen. Betrachtet werden die Assoziationen zwischen Zuständen und Ereignissen. In dieser Sicht können Raum und Zeit nicht unabhängig voneinander existieren. Sie findet ihre Anwendung bei der Betrachtung von Prozessen und kann die Verwendung von nicht euklidischen Räumen oder nicht linearer Zeit erforderlich machen.

Datenmodellierung

Die Grundlagen der Zeitgeographie wurden durch den schwedischen Geographen Hägerstrand [51] gelegt. Er ordnete zunächst jedem

Objekt räumliche und zeitliche Koordinaten zu und bildete sie anschließend in einer dreidimensionalen kartographischen Darstellung ab. Durch Projektion der Zeit als dritte Dimension in das Koordinatensystem entstehen für jedes Objekt Zeitpfade ("time path"), welche die Bewegung des Objektes in Raum und Zeit visualisieren. Dieser Ansatz kann als erstes spatio-temporal Datenmodell angesehen werden [144]. Abbildung 3.6 verdeutlicht die Zeitpfad-Darstellung.

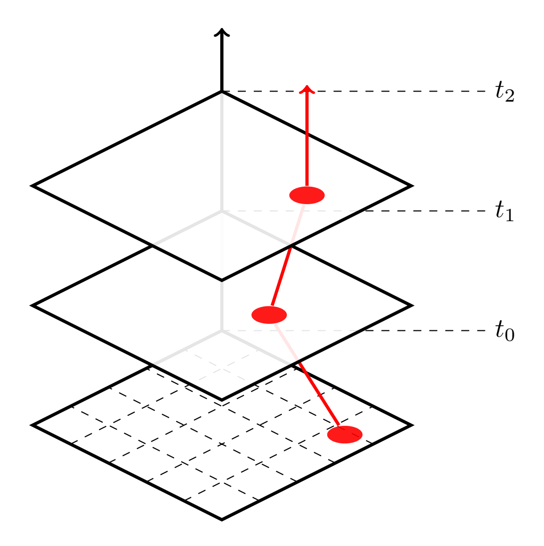


Abbildung 3.6.: Visualisierung eines Zeitpfades nach Hägerstrand

Das einfachste Modell, das es erlaubt, Zeit und Raum zu modellieren, ist das *Snapshotmodell*. Ein Snapshot ist eine Kopie der Datenbank. Sie wird jedes Mal, wenn sich ein Feature ändert oder wenn eine bestimmte Zeit verstrichen ist, angelegt. Die Snapshot-Methode ist schnell, einfach und intuitiv. Allerdings lässt sie die Datenmengen exorbitant wachsen. Auch nachträgliche Änderungen sind nur äußerst schwer und zeitaufwendig einzupflegen.

Versionierung weist große Ähnlichkeiten zum Snapshotmodell auf. Eine Version ist ein benannter Status in der Datenbank. Im Gegensatz zu einem Snapshot wird jedoch nur der Teil der Daten kopiert, die eine Änderung erfahren. Versionierung im ursprünglichen Sinne ist dafür gedacht, Änderungen an den Datenbeständen unter Erhalt der ursprünglichen Daten zuzulassen. Wenn die Änderungen vollständig sind, können sie auf die ursprünglichen Daten angewendet werden. Dieses Verhalten ist mit einer lang andauernden Datenbanktransaktion vergleichbar. Aber auch dieser Ansatz ist unzureichend, um das Fortschreiten eines Objektes auf seinem Zeitpfad zu beschreiben.

Ein weiterer Ansatz wurde von Langran und Chrisman [79] als *Raum-Zeit-Verbund* (Space-Time Composite) beschrieben. Das Verfahren beginnt mit einer Grundkarte, die die Geometrie einer Region repräsentiert. Bei jedem Datenupdate wird ein Overlay geschrieben. Neue Knoten und Ketten werden mit den historischen akkumuliert und formen so neue Polygone sowie eine von den Nachbarn verschiedene Attributgeschichte ("attribut history"). Jede Attributgeschichte wird durch eine geordnete Liste mit Einträgen repräsentiert. Ein Eintrag enthält eine Menge von Attributen und die Zeit, zu der sich das Attribut geändert hat. Um einen Zeitschlitz aus dem Verbund zu berechnen, muss jede Attributsgeschichte eines Polygons einmal durchlaufen werden, um dasjenige zu identifizieren, das zum gewünschten Zeitpunkt aktuell war. Dieser Ansatz ist mit aktuellen GIS-Systemen leicht zu realisieren. Je mehr Overlays erstellt werden, umso mehr zerbricht der Layer in immer kleinere Teile. Fragmentierung ist ein großes Problem dieses Datenmodells. Daher ist dieses Modell nur für Systeme geeignet, in denen ausschließlich kurze Zeitperioden betrachtet werden.

Peuquet und Qian [107] wählten im TRIAD-Modell einen neuen Ansatz, der drei unabhängige Repräsentationen für die Antworten auf die Fragen was (Feature), wo (Ort) und wann (Zeit) modelliert wird. Verknüpfungen zwischen den Repräsentationen erzeugen Raum-Zeit-Entitäten. Die Ortsrepräsentation ist als Rastergitter ("grid") implementiert. Die Zeitrepräsentation ist in Ereignisse verankert. Ein Objekt wird als Ereignis mit einem Zeitpunkt, an dem es eingetreten

ist, gespeichert. Leider ist dieser Ansatz bisher nie implementiert worden.

Abschließend kann man sagen, dass in der Literatur viele Ansätze für die Modellierung von Zeit und Raum im GIS existieren, aber keiner der beschriebenen Ansätze alle Anforderungen erfüllt.

Methoden der Analyse

Ott beschreibt [in 103, Seite 128] vier Analysemethoden:

1. Die *Ortsanalyse* untersucht die Änderung von Geometrien der Objekte.

2. Die *Attribut basierte Analyse* bietet Techniken, die mit den Objekten verknüpften Daten zu untersuchen.

3. Die *Zeitreihenanalyse* dokumentiert und untersucht die Änderungen eines Objektes über eine bestimmte Zeit hinweg bezüglich ihres Raumes und unter thematischen Gesichtspunkten.

4. Die *Prozessanalyse* modelliert räumliche und thematische Änderungen von Objekten in der Vergangenheit und Gegenwart und macht Vorhersagen für die zukünftige Entwicklung.

Temporale Operatoren

Allen [in 4, Seite 834ff] definiert für die temporale Suche die Relationen 1. *equal*, 2. *before*, 3. *after*, 4. *meets*, 5. *start*, 6. *finishes*, 7. *during* und 8. *overlaps* als Erweiterung des SQL Standards. Alle diese Operationen sind auf Zeitintervallen definiert. Tabelle 3.3 (Seite 108) erklärt die aufgeführten Relationen.

Nr.	**Relation**	**Piktogramm**	**Erklärung**
1	X *equal* Y	X / Y	Der *equal* Operator liefert dann *wahr* zurück, wenn die beiden Intervalle gleich sind.
2	X *before* Y	X Y	Der *before* Operator liefert dann *wahr* zurück, wenn Intervall X zeitlich vor dem Intervall Y liegt.
3	X after Y	Y X	Der *after* Operator liefert dann *wahr* zurück, wenn das Intervall X zeitlich nach dem Intervall Y liegt.
4	X *meets* Y	X Y	Der *meets* Operator liefert dann *wahr* zurück, wenn die Intervalle X und Y aneinandergrenzen.
5	X *starts* Y	X / Y	Der Operator *starts* liefert dann *wahr* zurück, wenn die Intervalle X und Y gleichzeitig anfangen.

Tabelle 3.3.: Temporale Relationen

Nr.	Relation	Piktogramm	Erklärung
6	X *finishes* Y	X Y	Der Operator *finshes* gibt dann *wahr* zurück, wenn die Intervalle X und Y zum selben Zeitpunkt enden.
7	X *during* Y	X Y	Der Operator *during* liefert dann *wahr* zurück, wenn das Intervall X vollständig im Intervall Y eingeschlossen ist.
8	X *overlaps* Y	X Y	Der Operator *overlaps* liefert dann *wahr* zurück, wenn die Intervalle X und Y sich überschneiden.

Temporale Relationen (Fortsetzung)

Featuredaten Repräsentation in RDBMS

Das Open Geospatial Consortium [102, Kapitel 1] definierte den Standard *OpenGIS Simple Feature Specification for SQL*, der das

Suchen, Abfragen und Ändern von einfachen Featuremengen in einem RDBMS[48] über ODBC[49] API[50] erlaubt.

Die Featuremengen werden in Tabellen gespeichert. Die Attribute werden als Tabellenspalte realisiert. Ein Feature wird jeweils durch eine Tabellenzeile repräsentiert. Alle nicht räumlichen Attribute werden auf Standard SQL[33] Datentypen abgebildet. Die räumlichen Attribute werden auf Spalten der Tabelle abgebildet, deren SQL Datentyp aus einer Erweiterung der geometrischen Datentypen hervorgeht. Eine solche Tabelle wird *Featuretabelle* genannt. Unterstützt werden die beiden Zielumgebungen *SQL* und *SQL mit Geometrie Typen* [siehe 102, Kapitel 1.1].

In reinen SQL-Umgebungen wird die Geometriespalte als Fremdschlüssel auf eine Geometrie-Tabelle realisiert. Der Standard beschreibt sowohl die Implementierung als einfacher nummerischer Datentyp als auch als binärer Datentyp.

Eine SQL Umgebung mit Geometrie Datentypen ist eine Erweiterung der reinen SQL Umgebung um eine Menge von Geometrie-Datentypen. In einer solchen Umgebung ist keine extra Geometrie-Tabelle notwendig, da der Spalte in der Feature-Tabelle direkt ein Geometrie-Datentyp zugeordnet werden kann. Dieser Ansatz setzt eine Erweiterung des RDBMS voraus [vgl. 102, Kapitel 1.1].

In beiden Ansätzen wird das SQL Informationsschema erweitert, um Metadatenabfragen nach

1. allen Featuretabellen der Datenbank,

2. allen Geometriespalten der Featuretabellen in der Datenbank und

3. dem in einer Geometrie Spalte verwendeten Koordinaten System (Spatial Reference System)

[48]Relationales Datenbank Management System
[49]Open Database Connectivity
[50]Application Programming Interface, dt.: Programmierschnittstelle

zu ermöglichen.

Die Basismethoden [vgl. 102, Kapitel 2.1.1.1] eines Geometrieobjektes sind:

1. Die *Dimension-Methode* liefert die Dimension des Geometrieobjektes. Sie muss kleiner oder gleich dem zugrunde liegenden Koordinatensystem sein.
2. Die *GeometryType-Methode* liefert den Namen des Subtyps, mit dem die Geometrie initialisiert wurde.
3. Die *SRID[51]-Methode* liefert die ID des verwendeten Spatial Reference Systems des Geometrieobjektes.
4. Die *Envelope-Methode* liefert das kleinste umgebende Rechteck als Geometrieobjekt.
5. Die *AsText-Methode* Liefert eine Textrepräsentation der Geometrie.
6. Die *AsBinary-Methode* liefert eine Binärrepräsentation der Geometrie.
7. Die *IsEmpty-Methode* prüft, ob das Geometrieobjekt initialisiert wurde.
8. Die *IsSimple-Methode* prüft auf *nicht* Vorhandensein von abnormalen geometrische Punkte wie selbstschneidene Geometrien.
9. Die *Boundary-Methode* liefert die kombinatorische Ränder des Geometrieobjektes.

Spatial Operatoren erlauben den Vergleich von Geometrie Objekten [vgl. 102, Kapitel 2.1.1.2] und können in booleschen Vergleichsoperatoren verwendet werden:

1. Der *Equals* Operator vergleicht die Geometrie des Objektes auf Gleichheit mit einer anderen Geometrie: $a = b$.

[51] Spatial Reference Identifier

2. Der *Disjoint* Operator prüft, ob die Geometrie des Objektes disjunkt mit einer anderen Geometrie ist: $a \cap b = \emptyset$.
3. Der *Intersects* Operator vergleicht, ob die Geometrie des Objektes sich mit einer anderen Geometrie schneidet $a \cap b \neq \emptyset$.
4. Der *Touches* Operator vergleicht, ob die Geometrie des Objektes eine andere Geometrie in mindestens einem Punkt berührt: $a \cap b \neq \emptyset \wedge a \cap b \neq a$.
5. Der *Crosses* Operator prüft, ob die Geometrie des Objektes eine andere Geometrie schneidet und die Geometrie der Schnittmenge um eins kleiner ist, als die Dimension der beiden Geometrien. Die Schnittmenge muss ungleich der beiden Geometrien sein: $a \cap b \neq \emptyset \wedge Dim(a) > Dim(a \cap b) < Dim(b)$.
6. Der *Within* Operator prüft, ob die Geometrie des Objektes in einer anderen Geometrie liegt. $a \cap b = a$.
7. Der *Contains* Operator vergleicht, ob die Geometrie des Objektes eine andere Geometrie beinhaltet:

   $a.contains(b) \Leftrightarrow b.within(a)$.
8. Der *Overlaps* Operator prüft, ob die Geometrie des Objektes eine andere Geometrie überdeckt: $a \cap b = b$.
9. Der *Relate* Operator prüft, ob die Geometrie des Objektes mit einer andere Geometrie interagiert. Die Prüfung erfolgt mittels Berechnung der Schnittmengen aus den innenliegenden Flächen, außenliegenden Flächen und Randflächen.

Neben den Vergleichsoperatoren der Geometrieobjekte beschreibt der Standard noch einige räumliche Analyse Methoden [vgl. 102, Kapitel 2.1.1.3]. sie liefern alle Geometrieobjekte zurück.

1. Die *Distance* Methode berechnet die kürzeste Verbindung zwischen zwei gegebenen Punkten.
2. Die *Buffer* Methode berechnet alle Punkte, die in einem Puffer um eine Geometrie mit einem gegebenen Abstand liegen.

3. Die *ConvexHull* Methode berechnet die Konvexe Hülle[52] einer Geometrie.

4. Die *Intersection* Methode berechnet die Schnittgeometrie aus zwei Geometrien.

5. Die *Union* Methode berechnet die Vereinigungsgeometrie aus zwei Geometrien.

6. Die *Difference* Methode berechnet die Differenzgeometrie aus zwei Geometrien: $a \setminus b$.

7. Die *SymDifference* Methode berechnet die symmetrische Differenz aus zwei Geometrie Objekten: $(a \setminus b) \cup (b \setminus a)$.

3.5.3. Begründung der Technologiewahl

Beziehungen datenbanknah zu modellieren steigert die Geschwindigkeit des Gesamtsystems und fördert die Kompatibilität der darauf aufsetzenden Komponenten, da sie keine eigene Methoden zur Berechnung der Beziehungen mitbringen müssen.

Das TIE Model ist eine einfache und konfigurierbare Art typisierte $m : n$ Beziehungen zwischen beliebigen Entitäten des System herstellen zu können. Das TIE Model reduziert (Kapitel 3.5.1 den Bedarf an Tabellen enorm gegenüber der herkömmlichen Fremdschlüsselbeziehung und führt so zu einer deutlichen Vereinfachung des Datenmodells.

Kapitel 3.5.2 macht deutlich, dass noch keine einheitlichen Standards für die Implementierung von Zeitbeziehungen in Geoinformationssystemen existieren. Aus diesem Grund wird es in der Architektur gesondert modelliert werden müssen.

[52] *Konvexität:* Sei $S \subseteq R^2$, dann heißt S konvex, falls für beliebige Punkte $p, q \in S$ das Segment $\overline{pq}$ vollständig in S enthalten ist.
konvexe Hülle: Die konvexe Hülle einer Menge S ist der Durchschnitt aller konvexen Mengen, die S enthalten, oder intuitiver gesagt, die kleinste konvexe Menge, die S enthält.

Die Persistierung von Geoinformationen in einem RDBMS hingegen wird wieder durch einem OGC Standard, der Simple Feature Specifikation, abgedeckt. Es macht daher unbedingt Sinn diesen interoperablen und einheitlichen Standard für die Raumrepräsentation in der Datenbank zu verwenden. Das Datenmodel wird durch diese Wahl zwischen verschiedenen Datenbanken portierbar.

3.6. Fazit

Für die in Tabelle 2.9 (Seite 60) aufgeführten Problemstellungen konnten technologische Lösungen gefunden werden, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Die Technologien wurden zueinander in Beziehung gestellt, jeweils ausführlich beschrieben sowie die jeweilige Auswahl diskutiert und begründet.

Das technische Verständnis der ausgewählten Technologien liefert zusammen mit den Analyseergebnissen der Szenarien den notwendigen Hintergrund für die Identifikation der Systemanforderungen im nachfolgenden Kapitel 4. Anforderungen, die sich auf beschriebenen Technologien zurückführen lassen, sind realisierbar.

4. Systemanforderungen

Das 4+1 View Model erfordert die Identifikation von Systemanforderungen. Sie bilden die logische Sicht des 4+1 View Model. Die Analyse der bestehenden Systeme (Kapitel 2.1), die spezifizierten Anwendungsfälle (Kapitel 2.2) und die identifizierten Technologien (Kapitel 3) bilden die Basis für die Identifikation der funktionalen Anforderungen an das Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung.

Die Systemanforderungen sind in drei Kapitel gegliedert. Zunächst werden die Anforderungen beschrieben, die direkt aus der Analyse der bestehenden Systemen und den beiden Anwendungsfällen gefolgert werden können. Sie bestimmen die eigentliche funktionale Ausrichtung des Systems. Die Anforderungen sind jeweils in sinnvollen Themenblöcken untergliedert. Die abgeleiteten Anforderungen werden anschließend um Systemanforderungen ergänzt, die die Anforderungen der IT-Sicherheit an ein sicheres System einbringen. Dies ist notwendig, da Ausfälle oder Minderleistungen katastrophale Auswirkungen auf den operationalen Betrieb haben würden. Schließlich werden die Systemanforderungen mit weiterführenden Anforderungen, die aus der Nutzung spezieller Technologien stammen und die Zielarchitektur konzeptionell enorm weiterbringen, komplettiert. Abschließend wird ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick auf das weitere Vorgehen gegeben.

Eine Übersicht aller funktionalen Anforderungen ist im Anhang B in tabellarischer Form zusammengestellt.

4.1. Abgeleitete Anforderungen

Ein *modularer Aufbau* erlaubt zum einen eine phasenweise Entwicklung und Inbetriebnahme, zum anderen ein übersichtliches Management.

Die Systeme des Krisenmanagements sind keine kartographischen Anwendungen. Die verarbeiteten Inhalte besitzen dennoch Informationen, die geographisch in Form von Lagekarten interpretiert und dargestellt werden können. Auch wenn Listen- und Maskendarstellungen häufig dem geübten Benutzer einen soliden Überblick verschaffen können, ist die Funktionalität, erfasste Inhalte auf Karten oder Orthobildern zu präsentieren, unverzichtbar. Bei der Fülle der Informationen steht dieser graphisch orientierte Zugang nur zu Analysezwecken im Vordergrund. Die Lagebearbeitung wird im Unterkapitel 4.1.1 beschrieben. Neben der Lagebearbeitung ist es notwendig, die Grenzen zwischen dem eigenen Aufgabenbereich und dem Aufgabenbereich anderer möglicherweise gleichgearteter Systeme abzustecken. Diese Abgrenzung betrachtet das Unterkapitel 4.1.2. Die Kommunikationswege innerhalb des Zielsystems sowie an dessen Grenze zu anderen Systemen betrachtet Unterkapitel 4.1.3. Im Anschluss werden in Unterkapitel 4.1.4 die Zeitanforderungen für verschiedene Komponenten des Systems analysiert.

Dokumente sind der Bezugsgrund vieler Handlungen. In dem Zielsystem fallen etliche Dokumente wie Vorschriften, Gesetzestexte, technische Dokumentationen, Wirkungsanalysen und Planungsergebnisse an, die ordentlich verwaltet werden müssen. Mit den Anforderungen an diese Verwaltung beschäftigt sich das Unterkapitel 4.1.5. Eng im Zusammenhang zu Dokumenten stehen die Ressourcen, die in dem Zielsystem betrachtet und verwaltet werden müssen. Die Details dieser Ressourcenverwaltung werden in Unterkapitel 4.1.6 diskutiert. Die Nachrichten im Zielsystem beruhen weniger auf der Kommunikation, als vielmehr auf dem Meldungsaufkommen, welches in das System hineingereicht wird. Kapitel 4.1.7 betrachtet Einzelmeldungen von Personen, das Meldungsaufkommen von Nachrichtenagenturen sowie das Meldungsaufkommen aus der Auswertung von automatisierten

Sensormeldungen. Die Diskussion der Schnittstellen des Zielsystems erfolgt in Kapitel 4.1.8. Eine GIS Komponente, wie sie in Unterkapitel 4.1.9 beschrieben wird, erfüllt zum einen den Zweck die Lagebearbeitung zu unterstützen zum Anderen ist sie ein Hauptwerkzeug bei der Analyse von Lagen und der Bewertung der Auswirkungen von Risiken. Die Königsdisziplin in jedem System ist das Aufstellen von Workflows. Workflows nutzen vorhandene Fähigkeiten und bringen die Anwendung der Fähigkeit in eine sinnvolle Reihenfolge, so dass das jeweilige Ziel erreicht werden kann. Sie bestimmen die Arbeitsabläufe der Nutzer. Das Unterkapitel 4.1.10 schließt so das Kapitel der abgeleiteten Anforderungen.

4.1.1. Lagebearbeitung

Eine Lage lässt sich am besten mit einem Projekt vergleichen. Ein Projekt nach Definition ist "ein einmaliges Vorhaben, das aus einem Satz von abgestimmten, gelenkten Tätigkeiten mit Anfangs- und Endtermin besteht und durchgeführt wird, um unter Berücksichtigung von Zwängen bezüglich Zeit, Kosten und Ressourcen ein Ziel zu erreichen. [DIN 69901]" Eine Lage besitzt vergleichbare Eigenschaften.

Über die *Projekteigenschaften* hinaus besitzt eine Lage immer einen geographischen Kontext, in dem sie sich abspielt. Seit jeher sind *Lagekarten* verwendet worden, um einen Überblick über die jeweilige Lage zu ermöglichen. Lagekarten besitzen eine Karte oder zumindest kartenähnliche Darstellung (z.B. Satellitenbild, Skizze) als Hintergrund. Im Vordergrund werden taktische Zeichen und graphische Symbole platziert. Üblicherweise stellen die Symbole Ereignisse und Ressourcen dar, während taktische Zeichen für Einheiten verwendet werden. Während die Vordergrunddarstellung versucht die wesentlichen Ereignisse und Bestandteile der Lage zu erfassen, dient der Hintergrund ausschließlich der Orientierung. Bagdahn [8], Krämer [74] und Schäfer [119] führen hierzu in ihren Werken den Begriff des gemeinsamen, Rollen-orientieren Einsatzlagebild "GREL" ein.

Ein *Lagebearbeitungsmodul* muss es erlauben, eine Lage auszurufen (Anfangspunkt, Name) und das Ziel festzuhalten. Des Weiteren muss es erlauben, *Aufträge*[53] an Einheiten und Ressourcen zu erfassen und zu übermitteln. Es muss sich auf eine *Ressourcenverwaltung* abstützen können, um eingesetzte und einsatzbereite Ressourcen ermitteln und steuern zu können. Aufträge und eingesetzte Einheiten und Ressourcen müssen *geographisch verortet* und auf einem Kartenhintergrund darstellbar sein. Für die nachträgliche, rechnerunterstütze Verortung muss ein Gazetteer-Service bereitstehen.

Je nach Größe des Systems muss es mehrere simultane Lagen unterstützen. Dem Benutzer muss es erlauben, die Sicht auf seine Lage einzuschränken. Simultane Lagen müssen sich sowohl räumlich als auch zeitlich überschneiden dürfen. Ressourcen (z.B. Bettbelegung in einem Krankenhaus) müssen aufgeteilt werden. Mechanismen zum Austausch von Ressourcen müssen vorgesehen werden. Technisch darf es folglich immer nur eine Instanz jeder Ressource geben. Um Synergieeffekte nutzen und Redundanz-Anforderungen sinnvoll unterstützen zu können, ist es sinnvoll das System als Service in einer Cloud[54] zu realisieren. Daher ist die Forderung nach einer *Mehrlagenfähigkeit* unabdingbar.

Lagen müssen sich *beenden* lassen. Dies ist der Zeitpunkt, an dem spätestens alle Protokolle sowie der Lageverlauf archiviert werden muss, bevor im Anschluss die verwendeten Ressourcen wieder zurück gebucht werden. Bereinigende Tasks dürfen nun durchgeführt werden. Das während der Lage eingebundene Personal wird wieder freigestellt. Der *Normalbetrieb* wird wieder aufgenommen.

4.1.2. Räumliche Grenzen

IT-Systeme des Katastrophenschutzes und anderer Organisation weisen immer einen räumlich abgegrenzten Einsatzraum auf. Innerhalb

[53]gelenkte Tätigkeiten

[54]Stellt abstrahierte IT-Infrastrukturen wie Rechenkapazität, Datenspeicher-, Software- und Programmierumgebungen als Service über ein Netzwerk zur Verfügung.

dieser Grenzen ist die jeweilige Organisation zuständig. Außerhalb der Grenzen endet die Zuständigkeit und eine andere Organisation steht in der Verantwortung.

Doch was passiert im Grenzbereich? Selbst wenn Zuständigkeiten fest geregelt sind, wird es immer Situationen geben, in denen es sinnvoll ist auf Ressourcen eines fremden Zuständigkeitsbereichs zurückgreifen zu können. Folglich muss das System *Schnittstellen zu anderen gleich oder ähnlich gearteten Systemen* unterstützen. Über diese Schnittstellen müssen die aktuelle Lage sowie verfügbare Ressourcen den jeweiligen Nachbarn transparent gemacht werden. Es ergibt sich ein *Kommunikationsbedarf zur Abstimmung* der Ressourcen. Grenzen der Zuständigkeitsbereiche beruhen häufig auf geographischen und politischen Ländergrenzen. Nicht selten fallen diese auf Sprachgrenzen. *Mehrsprachenfähigkeit* ist daher eine Grundvoraussetzung, die die Schnittstellen unterstützen müssen.

Der verwendete Begriff “Sprache” wird nachfolgend nicht nur als “natürliche Sprache” wie Deutsch oder Englisch verstanden. Vielmehr werden ausdrücklich auch die Implikationen aus den jeweiligen Systemlogiken und Fachtermini wie Wertebereiche und Wertebelegungen mit eingeschlossen.

Aus dem beschriebenen Szenario leiten sich mehrere Implikationen ab, die Beachtung finden müssen:

1. Der Zeichenvorrat beider Systeme muss verarbeitet werden können, damit keine Fehler durch Sonderzeichen der jeweiligen Sprache entstehen. Diesem Umstand kann durch Nutzung von *Unicode*[55] Rechnung getragen werden.

2. Es müssen *Nachrichten* zwischen den Systemen ausgetauscht werden können. Doch selbst wenn die Zeichen der Nachricht übertragen werden können, stellt sich die Frage der Verarbeitung in dem jeweiligen anderen System. Letztendlich gibt es vier Lösungsansätze für das beschriebene Problem:

[55]Zeichensatz nach ISO 10646

a) Das Empfängersystem kann die Nachricht in der Sprache des Senders entgegennehmen und verarbeiten.

b) Der Sender kann die Nachricht in der Sprache des Empfängers verfassen.

c) Sender und Empfänger können sich im Vorfeld auf ein gemeinsame und normierte Nachrichten verständigen.

d) Die Schnittstelle kann versuchen eingehende Nachrichten "On-The-Fly" in die jeweilige Sprache des anderen Systems zu übersetzen.

4.1.3. Kommunikation

Kommunikation ist eine der wichtigsten Aufgaben im Krisenmanagement. Ohne Kommunikation gibt es kaum Wirkung. Schon Kapitel 4.1.2 hat darauf aufmerksam gemacht, dass Kommunikation an der Schnittstelle zu anderen Systemen unabdingbar ist. Darüber hinaus spielt Kommunikation bereits im eigenen System eine bedeutende Rolle.

Für die interne Kommunikation sind vier Szenarios denkbar:

1. Kommunikation gemäß der Hierarchie

   Sowohl auf der Seite der Rettungskräfte als auch auf der Seite der krisenkoordinierenden Stelle sind die Verantwortlichkeiten hierarchisch strukturiert verteilt. Hieraus folgt die Notwendigkeit für beständige Kommunikation zwischen Entscheidungsträgern und untergebenem und zuarbeitendem Personal.

2. Kommunikation innerhalb einer Rolle

   Systeme des Krisenmanagements führen immer zeitkritische Tätigkeiten aus, alle Rollen sind in der Regel mit Schichtpersonal besetzt. Zur Übergabe müssen zwei Inhaber einer Rolle eine Fülle von Informationen austauschen, damit der Nachfolger auch an der selben Stelle die Arbeit fortsetzen kann.

3. Kommunikation mit Einsatzkräften

   Das lageführende Team muss mit den Einsatzkräften vor Ort und mit den noch nicht ausgerückten Einsatzkräften, z.B. zwecks Alarmierung, kommunizieren können.

4. Kommunikation mit der Bevölkerung

   Viele Arten von Krisen machen es erforderlich, auch mit der Bevölkerung Kontakt aufnehmen zu können. So ist es bei einem Hochwasser sehr wichtig, Informationen zu Gefährdungen oder gesperrten Straßen mitteilen zu können.

Die Kommunikation muss zuverlässig erfolgen. Es muss sichergestellt sein, dass der Empfänger der Nachricht auch der Adressat ist. Die Nachricht muss den Adressaten mit Sicherheit erreichen. *Adressverzeichnisse* und *Kontaktdatenbanken* mit allen Ansprechpartnern von Hilfskräften, Ressourcen, Entscheidungsträgern und anderen Stakeholdern müssen verfügbar und sein dem aktuellen Stand entsprechen. Sowohl synchrone als auch asynchrone Kommunikation muss ermöglicht werden.

Alarmierungspläne müssen vorbereitet und auf Stand gehalten werden. Ein Alarmierungsplan muss Stakeholder identifizieren und den gewünschten Weg der Kontaktaufnahme dokumentieren.

4.1.4. Zeitanforderungen

Kurze *Reaktionszeiten* eines Systems zur Lageanalyse und Risikobewertung sind existentiell. Da aber nicht von einem selbstregelnden System ausgegangen werden kann, genügt es von weichen Echtzeitanforderungen[56] für einige der Systemkomponenten auszugehen.

Kopetz [70, Seite 12f] unterscheidet weiche und harte Echtzeitanforderungen. Ein hartes Echtzeitsystem garantiert die Berechnung

[56] “Gemäß DING 44300 wird unter Echtzeitbetrieb bzw. Realzeitbetrieb der Betrieb eines Rechnersystems verstanden, bei dem Programme zur Verarbeitung anfallender Daten ständig betriebsbereit sind, derart, dass die Verarbeitungsergebnisse innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne verfügbar sind. [149, Seite 2]”.

der Ergebnisse innerhalb eines vorher definierten Zeitintervalls. Weiche Echtzeitsysteme arbeiten hingegen typischerweise schnell genug. Die Antwortzeit erreicht dabei im Mittel (oder gemäß einer anderen statistischen Größe) einen akzeptablen Wert.

Die dem System zur Verfügung stehenden Reaktionszeiten hängen stark davon ab, für welche Hierarchiestufe das System bestimmt ist. Während in einem operativ ausgerichteten System längere Reaktionszeiten akzeptabel sind, gelten für taktische Systeme wesentlich kürzere Zeiten.

Betrachtet man die Anforderungen an die Kommunikation, wie sie in Abschnitt 4.1.3 beschrieben ist, werden die verschiedenen Reaktionzeiten leicht deutlich. Während man bei Funk- und Telekommunikation sofort Antworten erhält, ist bei Fax oder EMail von einer deutlich längeren Zeit auszugehen, die notwendig ist, den Adressaten zu erreichen. Eine mögliche Antwort wird eine noch längere Zeit in Anspruch nehmen. Für ein strategisches System wäre eine Kommunikation mittels Post oder Kurier durchaus akzeptabel. Bei nur einem Tag Zustellzeit erfüllt es aber bereits die Anforderungen an ein operatives oder taktisches System nicht mehr. *Im Grundsatz gilt jedoch für ein jedes System, das der Wert der Information immens mit ihrer Aktualität steigt.*

Ein weiteres Beispiel sind Sensoren, wie Messapparaturen für Pegelstände oder Brandmelder. Ihre Messergebnisse müssen erfasst, übermittelt und aufbereitet werden, bevor sie schließlich aggregiert und angezeigt werden können. Dennoch sinkt der Wert der Information mit der Zeit, die für die Übermittlung und Aufbereitung der Information benötigt wird.

Bestehende Systeme wie Fliwas (Kapitel 2.1.1), die Einsatzleitzentrale Siegburg (Kapitel 2.1.4) oder PolGIS (Kapitel 2.1.5) haben sich historisch bedingt darauf beschränkt, Einzelmeldungen von Sensoren periodisch als Ereignisse in die Lageanalyse einzubringen. Geht man jedoch davon aus, dass die Zahl der Einzelsensoren in Zukunft dramatisch ansteigen wird, wird diese Vorgehensweise einem modernen zukunftssicheren System nicht mehr gerecht werden. Vielmehr wird es zukünftig notwendig sein, die Meldungen verschiedener Sensoren *ebe-*

nengerecht aufzubereiten und gegebenenfalls mit Ergebnissen anderer Sensoren zu verschneiden oder die verschiedenen Ergebnisse einzelner Sensoren mit dem Ziel der Validierung miteinander zu vergleichen [41, 64, 83].

Es ist leicht zu sehen, dass die Komplexität sowohl mit der Zahl der Sensoren aber auch mit dem Umfang der Aufbereitung vor der Analyse zunimmt. Dennoch ist die beschriebene Aufbereitung aus Sicht des Analysten unbedingt notwendig, damit er sich überhaupt auf die Erbringung seines Leistungsbeitrages konzentrieren kann. In fast allen zur Zeit implementierten Systemen fragt sich der Analyst zu Recht, was er mit den hunderten aufeinanderliegenden Punkten anfangen soll. Eine solche *Punktwolke* verliert sogar häufig an Wert gegenüber einem einzeln dargestellten Event.

Simulationsergebnisse sind in bestehenden Systemen als statisch gerechnete kartenähnliche Bausteine eingegangen. So wurden zum Beispiel im Fliwas-System (Kapitel 2.1.1) Überflutungskarten für verschiedene Pegelstände berechnet und als Layer für die Kartendarstellung hinterlegt. Unabhängig hiervon gibt es in Fliwas zukünftig eine Komponente, die alle 30 Minuten aktuelle Pegelstände meldet. Wiederum unabhängig von dem Sensordateninput wird die Lage in Fliwas durch die entsprechenden Sachbearbeiter geführt. Sie werten Meldungen aus und tragen die Ergebnisse in die Lagekarte ein. Solche Objekte können zum Beispiel die Errichtung von Spundwänden oder gar Dammbrüche sein.

In dem beschriebenen Fall liegt es an dem jeweiligen Sachbearbeiter zu wissen, welche Informationen ihm das System bietet, eine geeignete Darstellung zu wählen, die dargestellten einzelnen Informationen manuell zu korrelieren, das Ergebnis zu dokumentieren, geeignete Maßnahmen zu identifizieren und in das System einzugeben. Treten solche Ereignisse vereinzelt auf und liegen sie sogleich geographisch auf einem stark eingeschränkten Raum, ist dies durch einen einzelnen Mitarbeiter leistbar. Dieser Mitarbeiter wird mit dieser Aufgabe jedoch voll ausgelastet sein.

Ein modernes System muss diese Limitierung bereinigen. Das Meldungsaufkommen von Sensoren und anderen Quellen muss zu-

nächst automatisch vorausgewertet werden. Die Auswirkung muss in Form einer Simulation, deren Eingangsparameter die aktuelle Lage reflektieren, angestoßen und vollautomatisch analysiert werden. Die Ergebnisse gilt es zu aggregieren, miteinander zu verschneiden und mit der jeweiligen Wahrscheinlichkeit des Eintretens sowie der erwarteten Relevanz zu korrelieren. Dies muss die Ausgangsbasis für die manuelle Analyse des Bearbeiters sein.

4.1.5. Dokumentenmanagement

Systeme wie DeNIS II Plus (vgl. Kapitel 2.1.2) oder Fliwas (vgl. Kapitel 2.1.1) zeigen, dass moderne Systeme des Krisenmanagement nicht mehr ohne Dokumentenmanagement-Komponente auskommen können. Die Zahl der Gesetzestexte, Weisungen, Richtlinien, Einsatzpläne und anderer Dokumente wächst beständig. Sie erscheinen in unregelmäßigen Abständen und vielfältigen Versionen. Diese Dokumente richten sich häufig nicht nur an den internen Gebrauch, sondern auch an das Informationsbedürfnis der betroffenen Bevölkerung.

Eine Reihe von Funktionalitäten sind mit einem Dokumentenmanagement [3] verbunden:

1. Sichere Archivierung von Dokumenten
2. Halten verschiedener Versionen eines Dokumentes
3. Online-Recherche nach Dokumenten über Metadaten, Inhalt und Raumbezug
4. Freigabe- und Qualitätssicherungsprozesse; protokollieren und halten von Übersichten über Veränderungen in Dokumenten
5. Vergabe von Berechtigungen (Ändern, Erstellen, Lesen, Freigeben, Löschen)
6. Dokumenten-Reduktion (Reduzieren von doppelten Dokumenten)

7. Verknüpfen von Dokumenten mit allen Entitäten des Systems wie zum Beispiel von Dokumenten, Personen, Ereignissen, Infrastruktur-Elementen, Orten oder Ressourcen

Die Punkte 1 bis 6 beschreiben ein handelsübliches Dokumentenmanagement. Der wesentliche Nutzen im Kontext des Systems wird aber erst gegeben, wenn eine Möglichkeit besteht, das Wissen aus und um die Dokumente mit weiteren Informationen des Geoinformationssystems zu korrelieren.

Eine wesentliche Herausforderung wird es sein Mechanismen und Schnittstellen zu entwerfen, die eine manuelle Zuordung überhaupt erst möglich machen. In einem weiteren Schritt müssen Algorithmen identifiziert werden, die eine automatisierte Zuordnung, zum Beispiel über Verschlagwortung, zulassen. Erst dieser Ansatz zur automatisierten Verarbeitung wird es erlauben wirklich große Systeme erfolgreich zu betreiben.

4.1.6. Ressourcenverwaltung

McLachlan [85, Seite 238ff] definiert eine Ressource als ein Mittel, um eine Handlung zu tätigen oder einen Vorgang ablaufen zu lassen. Im Kontext eines Geoinformationssystems zur Lageanalyse und Risikobewertung können Ressourcen Personen, Material und Infrastruktur sein. Üblicherweise stehen die drei genannten Typen in einem engen Zusammenhang. Beispielsweise kann ein Materiallager, das eine Infrastrukturelement ist, Sandsäcke, die dem Material zugeordnet werden, und Lagerarbeiter, also Personal, verwalten.

Abhängigkeiten zwischen Ressourcen können hierarchisch in Form von Graphen dargestellt werden. Es besteht die Notwendigkeit die jeweilige Verantwortlichkeit für Ressourcen auf viele Personen zu verteilen. Dies gilt insbesondere auch für die Datenpflege, die nur in einem dezentralen Ansatz durchführbar ist.

Eine Komponente zur Ressourcenverwaltung muss in der Lage sein

1. Ressourcen zu definieren und instanziieren,

2. Verantwortlichkeiten für Ressourcen festzulegen,

3. Verantwortlichkeiten für die Pflege der zugehörigen Datensätze zu delegieren,
4. Anzahl (Bestand), Kategorie, Status, Einsatzstatus, Ort und Erreichbarkeit festzulegen und
5. Ressourcen mit anderen Entitäten des Geoinformationssystemes zu verknüpfen.

Eine besondere Herausforderung stellen Ressourcen auch deswegen dar, da sie ihre Position für Wartung, Übung und Einsatz verändern können. Es muss ein Konzept umgesetzt werden, das es statusgebunden erlaubt, die Bewegung der jeweiligen Ressource über die Zeit zu verfolgen.

4.1.7. Nachrichtenverarbeitung

Der Empfang und die Verarbeitung von Nachrichten ist existentiell für ein Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikomanagement. Ereignisse werden zumeist verteilt erfasst. Sie müssen durch das System aufgenommen und aufbereitet werden. Anschließend müssen sie in einer zentralen Datenbank bereitgestellt werden.

Zwei Sichten müssen dem Benutzer bereitgestellt werden:

1. Ein Nachrichtenticker muss einlaufende Nachrichten chronologisch in einer Listenansicht darstellen. Aufgrund der hohen Anzahl an eingehenden Nachrichten, muss das System die Nachrichten entsprechend eines konfigurierbaren Filterwerks filtern. Vorkonfigurierte Filterregeln müssen in Form von Kanälen durch den Nutzer abonnierbar sein. Nachrichten müssen gesichtet, bewertet und kommentiert werden können.
2. Nachrichten, sofern sie nicht bereits Koordinateninformationen tragen, müssen verortet werden. Das System muss es ermöglichen die Ereignisse in Echtzeit auf einem Kartenhintergrund darzustellen.

Alle empfangenen Nachrichten sind grundsätzlich mit ihren Metadaten wie Absender, Datum/Uhrzeitgruppen und Koordinaten zu archivieren.

4.1.8. Import- und Exportschnittstellen

Schnittstellen für Import und Export von Datenbeständen sind der Schlüssel für die Interaktion mit anderen Systemen. Die Formate und Techniken müssen so gewählt werden, dass sie neben dem benutzergetriebenen Vorgang auch die Verwendung in automatisierten Prozessen unterstützen.

Um *Replikationen und Synchronisationen* mit Datenbeständen anderer Systeme zu unterstützen ist es notwendig, jeden einzelnen Datensatz mit global eindeutigen Schlüsseln[57] sowie Zeitstempeln zu versehen, die Datum und Uhrzeit der Erstellung sowie der letzten Veränderung protokollieren.

Grundsätzlich müssen *Bulkloads*[58] für die Erstbefüllung sowie *Transaktionale Logs*[59] für den regelmäßigen und kontinuierlichen Datenaustausch unterstützt werden. Importe und Exporte sind zu protokollieren. Bei Systemen zu denen eine Onlineschnittstelle besteht, können auch Streams[60] verwendet werden. Sie haben den großen Vorteil, dass die Daten verzugsfrei im System zur Verfügung gestellt werden können. Durch Streams lässt sich ein hoher Grad an Interaktivität erhalten. Dabei muss mindestens der ausführende Benutzer, die Quelle, die verwendete Applikation, das Datum und

[57] Unique Identification Number (UIN)

[58] Unter einem Bulkload wird das Importieren von großen Datenmengen in eine Datenbank oder anderen Speicher verstanden.

[59] In Transaktionalen Logs werden Transaktionen protokolliert, um sie später an einem anderen System nachspielen zu können. Da alle vollständigen Transaktionen in diese Datei geschrieben werden, ist die Konsistenz der Daten zu jedem Zeitpunkt garantiert.

[60] Ein Stream (Datenstrom) bezeichnet kontinuierliche Abfolgen von Datensätzen, deren Ende nicht im Voraus abzusehen ist. Im Gegensatz zu anderen Datenquellen können Streams daher nicht als Ganzes, sondern nur fortlaufend verarbeitet werden.

die Art des Importes oder Exportes festgehalten werden. Die Formate und Mechanismen der Schnittstellen sind zu dokumentieren und offenzulegen.

4.1.9. GIS Komponente

Auch wenn in keiner der im Kapitel 2 untersuchten Systeme die GIS-Komponente im Vordergrund stand, kam keines der untersuchten Systemen ohne diese Komponente aus. Die Herausforderung ist, dass so viele Informationen wie möglich gleichzeitig dargestellt werden müssen. Damit die wesentlichen Dinge erkennbar bleiben, dürfen nur so viele Dinge angezeigt werden, wie unbedingt notwendig sind. Dies kann mit einigen technischen Maßnahmen realisiert werden:

1. Filter erlauben es, wichtige von relevanten Nachrichten zu trennen.

2. Vorkonfigurierte, thematische Karten erlauben es verschiedene thematische Schwerpunkte zu setzen.

3. Aggregieren von Einzelinformationen erlaubt Gewichtungen zu berücksichtigen. So kann zum Beispiel die Häufigkeit des Auftretens in der Farbdarstellung kodiert werden. Ausgewählte statistische Verfahren müssen zur Laufzeit auf die Daten angewendet werden können. Die Ergebnisse müssen in die Lagekarte einblendbar sein.

Für spezielle Fragestellungen müssen *Analysearbeitsplätze* zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse der Analyse müssen in die Lagekarte übertragen werden können. Das GUI (Graphical User Interface) für die Lagedarstellung muss bewusst schlicht und intuitiv gehalten werden. Jacko [61] beschreibt Anforderungen für das Design einer Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human Machine Interface).

Alle komplexen, besonders zeitauwändigen oder speziellen Funktionen sind an die Analysearbeitsplätze auszulagern. Der Schwerpunkt der Lagedarstellung ist immer auf das Verschaffen des Überblicks

auszurichten. Generell gilt, dass die Entscheidungsträger die Lagedarstellung zur Entscheidungsfindung benutzen. Aus ihr folgt die Einzelbeauftragung. Die Analysearbeitsplätze unterstützen die Entscheidungsträger durch die Analyse spezieller Fragestellungen und arbeiten ihnen zu, indem sie die Grundlage für die Entscheidungen in Form von Lagebeiträgen liefern, die in die Gesamtlage eingehen. Lagebilder müssen sich in Dateien exportieren und ausgeben lassen.

Hintergrundinformationen

Der Hintergrund der Lagekarte muss *maßstabsabhängig* in verschiedenen Auflösungen und Detaillierungsgraden bereitgestellt werden. Neben vektorbasierten (Feature[61]-) Karten müssen auch spaceborn[62] und airborn[63] durch bildgebende Verfahren gewonnene Aufnahmen wie elektro-optisch, Infrarot, Radar, Multi- und Hyperspektral[64] als Kartenhintergrund verwendet werden können. Alle Entitäten der Datenbank müssen sich *interaktiv auf diesen Kartenhintergrund platzieren* lassen.

4.1.10. Workflow

Aalst und Hee [1, Seite 357] definieren das Wort Workflow als Ideen, Methoden, Techniken und Software, die benutzt werden, um strukturierte Geschäftsprozesse zu unterstützen. Die untersuchten Geoinformationssysteme waren in allen Fällen Vorgangsbearbeitungssystemen nachgeordnet. Die Vorgangsbearbeitungssysteme bieten eine Reihe von Workflows an. Dazu bieten diese Systeme eine Reihe von speziell auf den jeweiligen Workflow zugeschnittenen Eingabemas-

[61] Ein Feature ist ein attributiertes, eindeutig gekennzeichnetes, geographisch referenziertes Objekt.

[62] weltraumgestützt

[63] luftgestützt

[64] Rasterbilder mit mehren Kanälen, in denen Informationen aus Abtastungen verschiedener elektromagnetischer Spektren (Bänder) gespeichert werden. Die verschiedenen Kanäle werden mit verschiedenen Filtern korreliert und anschließend mittels RGB Farben dargestellt.

ken, in denen Farbe, Form, Größe und Anordnung der Eingabefelder auf den jeweiligen Vorgang zurechtgeschnitten ist (siehe HMI in Jacko [61]).

Am stärksten aufgeprägt kann man diese *vorgangsgetriebene Herangehensweise* im Einsatzleitrechner der Einsatzzentrale Siegburg (vgl. Kapitel 2.1.4) oder im IGVP (vgl. Kapitel 2.1.5) beobachten.

Rollen

Unabhängig von der Möglichkeit gezielt Rechte in Rollen zu gruppieren, müssen die nachfolgenden funktionalen Rollen durch das System unterstützt werden. Die Aufgeführten Rollen wurden durch die Analyse der Beispielsysteme und Anwendungsfälle (vgl. Kapitel 2.3.1) identifiziert.

- *Rolle Disponent:* Die Inhaber dieser Rolle regeln den Einsatz und die Verteilung zur Verfügung stehender Ressourcen.
- *Rolle Ressourcenverwalter:* Die Inhaber dieser Rolle pflegen ihren jeweiligen Teilbestand an Ressourcen (Material, Personal) in das System ein.
- *Rolle Führungsstab:* Inhaber dieser Rolle führen die Lage, verschaffen sich den Überblick, koordinieren das Vorgehen und treffen die Führungsentscheidungen.
- *Rolle Controller:* Inhaber dieser Rolle führen statistische und korrelierte Analysen durch, um die Abläufe zu optimieren.
- *Rolle Analyst:* Inhaber dieser Rolle arbeiten den Entscheidungsträgern zu. Dazu führen diese Detailanalysen durch und fassen ihre Ergebnisse in Produkten zusammen.
- *Rolle Gast:* Die Inhaber dieser Rolle sind zumeist externe Nutzer aus der normalen Zivilbevölkerung. Sie wollen sich über die aktuelle Lage informieren oder Dokumente wie zum Beispiel Verordnungen oder Gesetzestexte recherchieren.

Die Benutzeroberfläche muss für die jeweiligen Bedürfnisse der Rolle angepasst und in Views zur Verfügung gestellt werden.

Stab-Ansicht

Wesentliche Aufgabe der Stab-Ansicht ist es einen Überblick über die Gesamtlage zu erhalten. Aus der Übersicht muss es möglich sein, in die Details einzusteigen. Die Übersicht muss es erlauben Incidents (Ereignis, Vorfall) sowohl attributiv als auch statistisch auszuwerten. Die Anzeige soll wahlweise tabellarisch oder im geographischen Raum erfolgen. Dynamische Entwicklungen über die Zeit sollen deutlich werden.

4.2. Sicherheit

"Sicherheit ist ein Zustand, der frei von unvertretbaren Risiken der Beeinträchtigung ist oder als gefahrenfrei angesehen wird[131]". Das Feld der Sicherheit in der Informationstechnik ist riesig und unübersichtlich. Daher gibt dieses Kapitel zunächst einen Überblick über die verschiedenen Fassetten und Begrifflichkeiten der IT-Sicherheit nach Gregory [48] und Eckert [35, Seite 5 ff.]. Im Anschluss werden die sicherheitstechnischen Anforderungen an das System aufgestellt.

4.2.1. IT-Sicherheit

Maßgebend für Regeln der IT-Sicherheit in Deutschland ist das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) [18, 20, 19]. Für jedes IT-System ist die IT-Sicherheit ein zentrales Anliegen; schließlich soll die einwandfreie Funktion des IT-Systems unter allen Umständen garantiert werden. Im englischsprachigen Raum wird IT-Sicherheit mit den beiden Begriffen "IT Safety" (Angriffssicherheit) und "IT Security" (Betriebssicherheit, Informationssicherheit) übersetzt. Klassisch wird die Informationssicherheit weiter in die Bereiche *Integrität*, *Vertraulichkeit*, *Verbindlichkeit* und *Verfügbarkeit* unterteilt.

Die einfach formulierte Anforderung das Geoinformationsystem "soll sicher sein", muss folglich wie folgt lauten: *Das System soll sicher gegenüber Angriffen sein sowie die Integrität, Vertraulichkeit,*

Verbindlichkeit und Verlässlichkeit der darin gespeicherten und verarbeiteten Informationen gewährleisten (gem. ISO/IEC 27000:2009).

Angriffssicherheit

Die Angriffssicherheit muss sowohl mit organisatorischen als auch technischen Maßnahmen sicher gestellt werden. Der Verfassungsschutz warnt in einem Faltblatt "Sicherheitslücke Mensch" [140], dass 70% der Delikte von Innentätern begangen werden. Im folgenden wird davon ausgegangen, dass bereits geeignete organisatorische Maßnahmen in der Governance der betreibenden Organisationen aufgenommen wurden.

Mit einem zentralen Rollen- und Rechtesystem lassen sich Benutzer soweit einschränken, dass sie nur noch die Tätigkeiten ausführen dürfen, zu denen sie formal berechtigt sind. Zur Umsetzung eines zentralisierten Rollen und Rechtesystems gehört immer ein zentrales Identitätsmanagement. Das Identitätsmanagementsystem dient der Authentifizierung der Benutzer gegenüber dem System. Nur eindeutig authentifizierten Benutzern darf überhaupt Zugriff, entsprechend der hinterlegten Rollenzugehörigkeiten und der Richtlinien der IT-Governance, auf die Informationen des Systems gewährt werden.

Eine geeignete Protokollierung erlaubt es, systemimmanente Fehler aufzudecken. Sie dient des Weiteren der Beweissicherung, wenn entgegen aller Bemühungen doch ein Angriff auf die Informationen des Systems verübt wird. Da solche Angriffe häufig erst spät erkannt werden, ist eine revisionssichere Archivierung der Protokolle unabdingbar.

Integrität

Das Wort "integer" hat die Bedeutung "ganz" oder "vollständig". In Bezug auf Informationen beschreibt es den Zustand, in dem diese über einen definierten Zeitraum vollständig und unverändert gespeichert werden. Die Integrität von Daten ist gewährleistet, wenn die

Daten vom angegebenen Absender stammen und vollständig sowie unverändert an den Empfänger übertragen worden sind.

Technische Verfahren zur Integritätssicherung sind zum Beispiel Checksummen und Signaturen. Integrität in Datenbank Management Systemen kann vor allem durch *Transaktionssicherheit* erreicht werden. Transaktionssicherheit wird mit der ACID[65]-Eigenschaften beschrieben: Atomizität, Konsistenz, Isolation und Dauerhaftigkeit. Jeder schreibende Prozess muss transaktionssicher gestaltet werden.

Vertraulichkeit

Vertraulichkeit verlangt, dass Informationen nur Befugten zugänglich sind. Unbefugte dürfen hingegen keinen Zugang zu einer übertragenen Nachricht oder gespeicherten Informationen erhalten. Ein Rollen- und Rechtesystem, wie in Kapitel 4.2.2 beschrieben, hilft Vertraulichkeit zu gewährleisten. Auch der gezielte Einsatz von kryptographischen Verfahren kann dazu beitragen die Vertraulichkeit zu gewährleisten, da es die Daten vor unbefugter Kenntnisnahme und Veränderung schützt.

Verbindlichkeit

Verbindlichkeit umfasst die IT-Sicherheitsziele Authentizität und Nichtabstreitbarkeit. Sie erzwingt bei der Übertragung von Informationen, dass die Informationsquelle ihre Identität beweist und der Empfang der Nachricht nicht abgestritten werden kann.

Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit eines Systems ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass das System eine Anforderung innerhalb eines vereinbarten Zeitraumes erfüllt. Die Verfügbarkeit berechnet sich als Quotient aus der Differenz der Gesamtzeit abzüglich der Gesamtausfallzeit dividiert durch die Gesamtzeit.

[65] atomicity, consistency, isolation and durability

Die Verfügbarkeit kann auch als Gütemaß für das System interpretiert werden. Die Zeit, in der das System nicht zur Verfügung steht, wird auch Downtime genannt. Unterschieden werden geplante Downtimes von ungeplanten, die in der Regel durch Fehler ausgelöst werden. Häufig werden in Systemen Wartungszeiträume festgelegt, in denen Beeinträchtigungen des Systemes für Wartungsmaßnahmen bewusst in Kauf genommen werden. Diese gehen ausdrücklich nicht in die Berechnung der Verfügbarkeit ein.

Weitere wichtige in diesem Kontext zu unterscheidene Größen sind Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR) und Mean Time To Failure (MTTF).

1. MTBF beschreibt die mittlere Betriebszeit zwischen zwei auftretenden Fehlern ohne Reparaturzeiten.

2. MTTR beschreibt die mittlere Zeit, die zur Wiederherstellung nach einem Ausfall benötigt wird.

3. MTTF wird analog zur MTTR für Komponenten verwendet, die nicht repariert, sondern ausgetauscht werden.

Die genannte Größen sind für das Systemdesign von Interesse, da aus ihnen unter anderem abgeleitet werden kann an welchen Stellen Redundanz vorgesehen werden muss. Im operationellen Betrieb müssen Service-Verträge[66] und Ersatzteilvorräte so angelegt werden, dass die Anforderungen an die Verfügbarkeit eingehalten werden können. Weitergehende funktionale Anforderungen können jedoch nicht abgeleitet werden.

4.2.2. Sicherheitstechnische Anforderungen

Alle untersuchten Systeme besitzen ein *Benutzer, Rollen und Rechte Management*. Funktionalen Rollen werden Einzelberechtigungen des

[66] In der Termonologie der IT Infrastructure Library (ITIL) werden Service Level Agreements (SLAs) genutzt.

Systems zugewiesen. Anschließend werden den personalisierten Benutzern eine oder mehrere Rollen zugewiesen. Der Zugang und der Zugriff auf das System muss zentral gewährt und überwacht werden.

Die Anforderungen an die *Protokollierung* fallen stark unterschiedlich aus. Strategisch eingesetzte Systeme protokollieren nur rudimentär. Ist jedoch die Ausrichtung des Systems von taktischer Natur, wie in der Einsatzleitzentrale Siegburg, wird jede Aktion im System dauerhaft mitprotokolliert. Sowohl die Protokollierung als auch die Benutzerverwaltung müssen zentralisiert erfolgen, um modernen Anforderungen an die IT-Sicherheit gerecht zu werden.

Systeme des Krisenmanagements weisen hohe *Redundanzanforderungen* auf. Sie sind für ein Szenario geschaffen, das ausdrücklich auch die Katastrophenfälle vor der eigenen Tür berücksichtigt. Die Systeme müssen insbesondere dann funktionieren, wenn sie bereits vom Ausfall bedroht oder Teile bereits ausgefallen sind.

Die Systeme müssen folglich in zwei Richtungen optimiert werden.

1. Das System soll auch bei Ausfall vereinzelter Hardware Komponenten am bestehenden Standort weiter verfügbar sein.
2. Trifft die Katastrophe das IT-Zentrum so stark, dass es nicht weiter betrieben werden kann, so muss ein Ausweichstandort bereit stehen, an denen die laufende Lage weitergeführt werden kann.

Beide Anforderungen lassen sich durch gezieltes Einbringen von Redundanzen realisieren.

4.2.3. Versionierung und Archivierung

Versionierung und Archivierung sind zwei Mechanismen, die zusammenarbeiten müssen, um die Integrität und Verfügbarkeit (siehe Kapitel 4.2.1) der betroffenen Daten zu gewährleisten.

Versionierung

Eine Version ist eine eindeutig benannte Ausgabe von einem Dokument, einer Datei oder einem Datensatz. Aus Sicht eines Datenbank-

managementsystems ist eine Version von einem Datenbestand mit einem Backup vergleichbar, das zu einem spezifischen Zeitpunkt gezogen wird, und zur leichteren Identifizierung mit einer Versionsnummer benannt wird.

Wird ein Datenbestand versioniert, so lässt es sich zwischen verschiedenen Versionsständen beliebig wechseln. Versionstände können in Form von Bäumen beschrieben werden. Ein Ast in diesem Baum beschreibt jeweils eine lineare Zeitachse, mit deren Hilfe Ursache und Wirkung beschrieben werden können. Wechselt man in diesem Baum auf eine in der Zeit zurückliegende Version und betrachtet eine alternative Entwicklung, verläuft die Zeit nicht mehr stetig. Diese Technik nennt sich Branching. Das administrative Werkzeug zum Verwalten verschiedener Versionstände heißt Versionsverwaltung.

Betrachtet man die Zeit ausschließlich linear, dann gibt es genau einen Ast. Dies ist in Echtzeitsystemen, die keine Prognosen treffen können, der Fall.

Archivierung

Archivierung beschreibt den Vorgang der langfristigen und sicheren Datenspeicherung. Archivierung kann Online oder Offline erfolgen. Die schärfste Form der Archivierung ist die *revisionssichere Archivierung*, die in Deutschland den Anforderungen des Handelsgesetzbuches [23, §§ 239, 257 HGB], der Abgabenordnung Bundesministerium der Justiz [22, §§ 146, 147 AO], den Grundsätzen ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme (GoBS) [21] und weiteren steuerrechtlichen und handelsrechtlichen Vorgaben entspricht. Der Begriff orientiert sich damit am Verständnis der Revision aus wirtschaftlicher Sicht und betrifft aufbewahrungspflichtige oder aufbewahrungswürdige Informationen und Dokumente.

Da Protokolle, Daten und Dokumente in der nachträglichen Aufbereitung eine große Tragweite besitzen können und diese möglicherweise auch in Gerichtsprozessen angefragt werden, besteht die Notwendigkeit diese revisionssicher zu archivieren.

4.3. Konzeptionelle Anforderungen

In diesem Kapitel werden weiterführende Anforderungen betrachtet, die das Zielsystem konzeptionell enorm weiterentwickeln. Diese Anforderungen sind in den Kapitel 2 Fallstudien beschriebenen Systemen nicht oder nur sehr schwach ausgeprägt. Die weiterführenden Anforderungen sollen Optimierungen für die bestehenden Systeme einbringen und damit zum einen bestehende Aufgaben erleichtern, zum anderen aber auch neue Analyseverfahren ermöglichen.

Das Weiterentwicklungspotential ist riesig. Nachfolgend werden daher exemplarisch die Anforderungen der Ort-Zeit-Korrelation sowie der Web-2.0-Technologie betrachtet.

4.3.1. Ort-Zeit-Korrelation

Ort und Zeit stehen nicht unabhängig nebeneinander. Sie sind vielmehr eng miteinander verwoben. Gleichzeitig betrachtet spannen sie einen vierdimensionalen (vgl. Kapitel 3.5.2) Raum auf, die "Raum-Zeit". Interessant zu betrachten ist, in welcher Form Ort und Raum miteinander korrelieren: Lagen haben die Eigenschaft sich über einen Zeitraum hinweg zu entwickeln. Alle besichtigten Systeme gehen davon aus, dass ausschließlich die aktuelle Lage von Relevanz ist. So bekommt ein Nutzer immer nur den gerade aktuellen Stand angezeigt. Steigt dieser erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Lage ein, hat er keine Möglichkeit sich über Veränderungen zu informieren.

DeNIS II Plus geht davon aus, dass zu Beginn einer Lage alle Ressourcen, Referenzen und Dokumente erfasst sind. Während der Lage werden Punkte und Regionen von Interesse erfasst, Ressourcen räumlich verschoben und in ihrem Status verändert. Am Ende der Lage werden alle in der Lage erfassten Informationen wieder zurück auf den Anfangszustand gesetzt. Interessant zu betrachten ist die Fragestellung, welche Information aus der Lageänderung gewonnen werden könnten. In welchem Maß ändert sich die Lage und von welcher Qualität ist die Änderung?

Die Betrachtung der Lageänderung hat drei Ziele:

1. Erkennen der Bewegung
2. Mustererkennung
3. Vorhersage zukünftiger Ereignisse

Wichtig zu betrachten ist auch, dass Entitäten nicht notwendigerweise ein einziges Datum enthalten. Sie besitzen typischerweise sogar mindestens drei:

1. Datum der Erstellung des Datensatzes
2. Datum der letzten Änderung des Datensatzes
3. Datum der enthaltenen Information (DOI - "Date of Information")

4.3.2. Web-2.0

Der Begriff "Web-2.0" wurde im Dezember 2003 in der US-Ausgabe des CIO Magazins "Fast-Forward 2010 – The Fate of IT" in dem Artikel "2004 – The Year of Web Service"[69] von Eric Knorr erstmalig erwähnt.

> "This is nothing less than the start of what Scott Dietzen, CTO of BEA Systems, calls the Web-2.0, where the Web becomes a universal, standards-based integration platform. Web 1.0 (HTTP, TCP/IP and HTML) is the core of enterprise infrastructure."

Angespielt wird auf eine Auslagerung von Funktionalitäten in Web-Services. Neben technischen Aspekten wie Cloud Computing zielt Web-2.0 primär auf eine veränderte Nutzung und Wahrnehmung des Internets ab: Dabei erstellen, bearbeiten und verarbeiten die Benutzer Inhalte in quantitativ und qualitativ entscheidendem Maße selber. Webbasierte Anwendungen sollen die Benutzer interaktiv bei der Durchführung ihrer Aufgaben unterstützen.

Ein modernes Systemdesign in eine heterogene Systemlandschaft einzubringen stellt eine außerordentliche Herausforderung dar. Die Web-2.0 Nutzungsphilosophie zusammen mit der Webservice Technologie leistet die notwendige Brücke.

Laituri und Kodrich [77, Seite 8] merken an, dass eine wichtige Erkenntnis nach dem Tsunami im Indischen Ozean und dem Hurrikan Katrina, die Anerkennung der Ersthelfer in einer vernetzten Welt war. Sie profitieren von der vernetzten Welt durch die innovative Nutzung bestehender Technologien wie Blogs, Message Boards und Web Portalen. Sie stellen eine der schnellsten Quellen für Nachrichten dar.

4.3.3. Menschen als Sensoren

Internet Projekte wie Open Streetmap[67], Wikipedia[68], Wikimapia[69] und Geonames[70] zeigen die Bereitschaft einer großen Gemeinschaft Geographische Informationen zusammenzutragen. Goodchild [46, Seite 2] prägte den Begriff der Volunteered Geographic Information (VGI). Diese Initiativen stellen eine besondere Form des User-Generated-Content dar und folgen der Web-2.0 Philosophie.

Aktuelle Entwicklungen betrachten Sensor Netzwerke. Die Angelegenheiten der beobachtenden Geowissenschaften sowie der Sicherheit und Überwachung lassen sich lösen, in dem man großangelegt Sensoren auf der geographischen Landschaft verteilt.

> “It is useful to distinguish three types of sensor networks. Most examples fit the first, a network of static, inert sensors designed to capture specific measurements ot their local environments. Less commonly cited are sensors carried by humans, vehicles, or animals. [...] A third type of sensor network, and in many ways the most interesting,

[67] Open Streetmap Kartendienst: http://www.openstreetmap.org
[68] Wikipedia Enzyklopädie: http://www.wikipedia.org
[69] Wikimapia Gazetteer: http://www.wikimapia.org
[70] Geonames Gazetteer: http://www.geonames.org

> consists of humans themselves, each equipped with some working subset of the five senses and with the intelligence to compile and interpret what they sense, and each free to rove the surface of the planet.
>
> This network of human sensors has over 6 billion components, each an intelligent synthesizer and interpreter of local information. One can see VGI as an effective use if this network, enabled by Web-2.0 and the technology of broadband communications." [aus 46, Seite 10]

Goodchild unterscheidet demnach drei Arten von Sensor Netzwerken:

1. Statische, unbewegliche Sensoren, die geschaffen wurden eine bestimmte Messung in ihrem lokalen Umfeld durchzuführen,
2. Mobile Sensoren für Autos, Menschen oder Tiere und
3. die Menschen selber, in dem sie mit ihren fünf Sinnen Dinge erfassen und intelligent interpretieren.

Ein Netzwerk aus menschlichen Sensoren besteht aus über 6 Milliarden Teilen und jedes dieser Teile ist in der Lage intelligent Informationen aus dem örtlichen Umfeld zu erzeugen und zu interpretieren. VGI stellt somit ein effektive Nutzung des Netzwerkes dar, die durch die Web-2.0-Technologie und Breitband Verbindungen ermöglicht wird.

4.4. Bewertung der Anforderungen hinsichtlich der Geoinformationskomponente

Die zuvor definierten Anforderungen an das Gesamtsystems müssen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Geoinformationskomponente des Systems bewertet werden. Die Anforderungen werden dazu in drei Klassen kategorisiert:

1. Integrale Bestandteile eines Geoinformationssystem zu Lageanalyse und Risikobewertung

2. Bestandteile von hoher Bedeutung für ein Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung, die jedoch in einer eigenen externen Komponente zu realisieren sind. Es müssen Schnittstellen zu diesen Komponenten definiert und bedient werden.

3. Anforderungen im Kontext eines Gesamtsystems, die von Bedeutung sind, für die Geoinformationskomponente aber nur Auswirkungen in Form einer Governance besitzen.

Das anschließende Design der Architektur wird sich auf die Realisierung der in Klasse 1 beschriebenen Anforderungen und Definition der Schnittstellen zu Systemkomponenten, die Anforderungen der Klasse 2 umsetzen, beschränken.

Die detaillierte Kategorisierung aller in Kapitel 4 beschriebenen Anforderungen ist in Tabelle B.1 aufgeführt.

4.5. Fazit

Die identifizierten Systemanforderungen decken ein breites Aufgabenspektrum ab. Es wurden Anforderungen für die Lagebearbeitung, Ressourcenverwaltung und Nachrichtenverarbeitung analysiert. Weiterhin wurden die räumliche Grenzen und Echtzeitanforderungen diskutiert sowie Anforderungen an Import- und Exportschnittstellen, GIS-Komponenten und den Workflow beschrieben.

Das Erreichen eines hohen Sicherheitsstandard ist bereits in der Zielsetzung dieser Arbeit verankert. Ausgehend von dem IT-Sicherheitsbegriff wurden qualitative Systemanforderungen für ein sicheres System abgeleitet. Diese wurden um technische Anforderungen, die ebenfalls der Sicherheit galten, ergänzt. Schließlich wurden die Systemanforderungen im Bereich der Sicherheit durch Anforderungen nach Versionierung und Archivierung vervollständigt. Abschließend

wurden die konzeptionelle Anforderungen im Kontext der Systemanforderungen diskutiert und in den Anforderungen aufgenommen.

Mit der Identifikation der Anforderungen als logische Sicht des 4+1 Modells und der Auswertung der Szenarien sowie der Beschreibung von Anwendungsfällen in Kapitel 2 sind die Voraussetzungen geschaffen, diese unter Anwendung der in Kapitel 3 beschriebenen Techniken in eine Systemarchitektur umzusetzen. Die Systemarchitektur wird nachfolgend in Kapitel 5 beschrieben.

5. Architektur

Dieses Kapitel beschreibt ausgehend von den Systemanforderungen (Kapitel 4) die Konzeption der Architektur. Die Architektur wird in Anlehnung an das 4+1 View Model (Kapitel 1.3) aus drei Blickwinkeln (Entwickler-Sicht, Prozess-Sicht und Physikalische-Sicht) beschrieben.

Designkriterien

Die Architektur des System muss so ausgelegt sein, dass insgesamt alle Systemanforderungen (Anhang B) abgedeckt werden. Dazu ist es notwendig die in Kapitel 3 identifizierten Techniken sinnvoll einzusetzen. Die Wahl der jeweiligen speziellen Konfiguration folgt dem selben Kriterienkatalog wie die Technologieauswahl. In Kapitel 3 wurde dieser aus der Zielsetzung (Kapitel 1.1) abgeleitet.

Nachfolgend wird zunächst das Design der jeweiligen Sicht beschrieben. Die Betrachtung jeder Sicht schließt mit einer Diskussion der getroffenen Designentscheidungen ab. So entsteht Schicht für Schicht die Architektur des Systems als Ergebnis wohlbegründeter Entscheidungen auf der Basis der vorhergehenden Analysen.

5.1. Entwickler-Sicht

Nachfolgend werden das Komponenten-, Informations- und Datenmodell beschrieben. Das Komponentenmodell zerlegt das System in logische Einheiten und beschreibt deren Aufgaben. Das Informationsmodell identifiziert Entitäten und ihre Informationsbeziehungen. Das

Datenmodell beschreibt die Persistierung des Informationsmodelles in der Datenbank.

5.1.1. Komponenten-Modell

Die Architektur des Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung ist in vier Schichten aufgebaut:

1. Der *Data Layer* umfasst alle Komponenten, die der Speicherung von Daten dienen.
2. Der *Supply Layer* stellt unterstützende Dienste bereit.
3. Der *Security Layer* stellt querschnittlich genutzte Dienste bereit, die der Sicherheit des Gesamtsystems dienen.
4. Die *Portal-Module* sind die Schnittstelle zum Anwender. Sie kapseln aufgabenorientiert die Funktionalitäten und stellen dem Anwender interaktive Werkzeuge zur Verfügung.

Die Abbildung 5.1 (Seite 145) bietet eine graphische Übersicht über alle Komponenten und ihre Einordnung in die Schichten.

Portal-Module

Die Portal[71] Module bilden die Schnittstelle zum Benutzer. Sie stellen dem Anwender aufgabenbezogen spezielle Funktionalitäten bereit. Nachfolgend werden die 11 Module vorgestellt:

[71] Definition eines Geoportales nach Helming, Pérez-Soba und Tabbush [53, Seite 275f]: “Technically the word portal refers to a web site acting as an entry point to other web sites. An extended definition of a GeoPortal will be a web site that represents an entry point to sites with geographic content. Spatial portals were developed as gateways to SDI initiatives and served as contact point between users and data providers. The GeoPortal allows users to search and browse between huge amounts of data. One of the earliest attempts to develop a GeoPortal was the US Federal Geographic Data Committee’s Clearing-house, in Europe the INSPIRE proposal resulted in the development of a European GeoPortal.

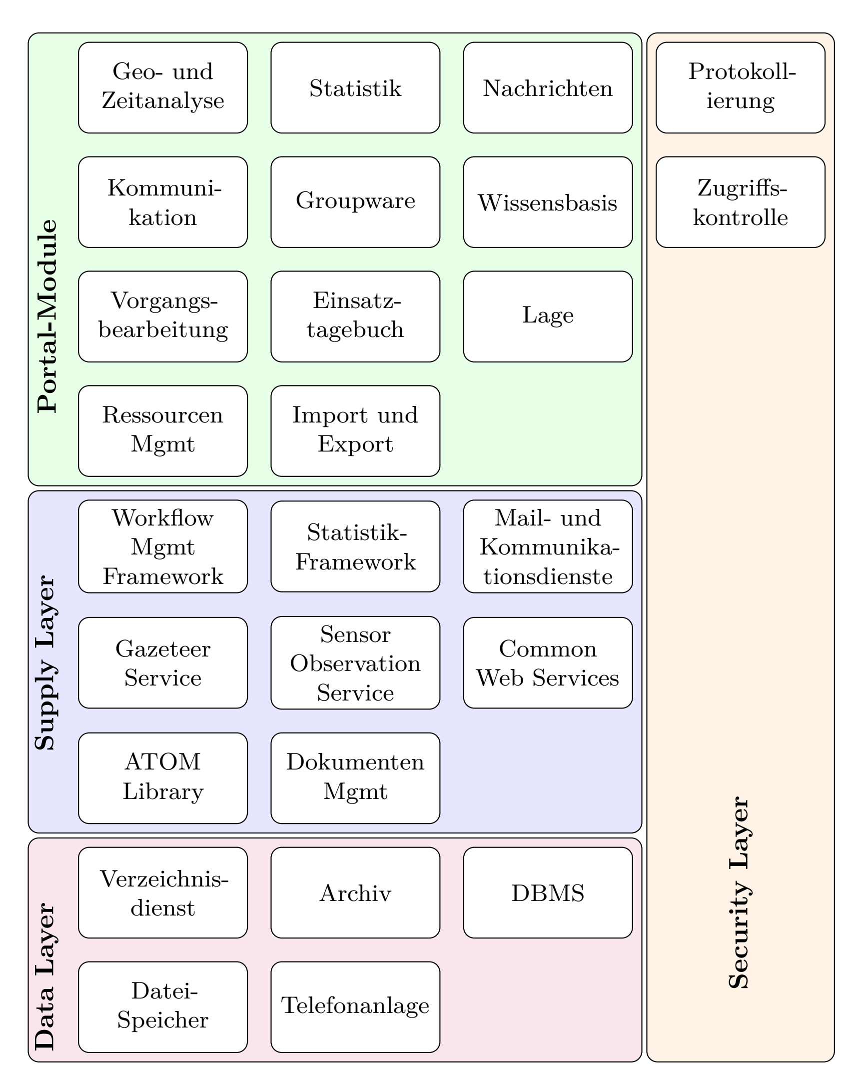


Abbildung 5.1.: Komponentenmodell

Das Modul *Geo- und Zeitanalyse* stellt dem Anwender Funktionalitäten bereit, mit denen er alle Entitäten des Systems interaktiv auf einem kartenähnlichen Hintergrund geographisch im Raum darstellen und suchen kann. Neben der räumlichen Analyse bietet es zeitliche Suchoperatoren (vgl. Tabelle 3.3 Seite 108), die sich mit den räumlichen kombinieren lassen. Erweitere Analysemethoden wie Hotspotanalyse, Vorher-Nachher-Analysen und Flutungsmodelle können von Experten mit den Ergebnissen kombiniert werden. Die gezielte Analyse von abbildenden Sensormaterials wie elektro-optischen Satellitenbildszenen kann aus der Kartendarstellung heraus durch Nutzung des Web Coverage Services eingeleitet werden. Die Ergebnisse können als KML exportiert und im Dokumentenmanagementsystem hinterlegt werden und stehen so als Referenz für andere Analysen und Arbeitsschritte zentral zur Verfügung. Das Geo- und Zeitanalyse Modul ist die zentrale Anlaufpunkt für alle Arten von Recherche im System.

Das Modul *Nachrichten* stellt dem Nutzer eingehende Nachrichten, Statusmeldungen und ausgewählte Sensormeldungen zur Verfügung. Personifizierte Filter bereiten die Nachrichten für den Nutzer auf und beschränken die Anzeige auf die wesentliche Informationen. Das System aktualisiert die Anzeige bei neuen Nachrichten automatisch. Für externe Nutzer können Nachrichten als ATOM-Feed (vgl. Kapitel 3.4.2) bereitgestellt werden.

Das Modul *Kommunikation* bietet Mail- und Sprachdienste. Alle ein- und ausgehenden Nachrichten werden protokolliert und archiviert. Die Kommunikation lässt sich von Nutzer einem Vorgang zuordnen. Telefonnummern werden automatisch zu Namen aufgelöst. Wenn eine Adresse bekannt ist, wird diese automatisch verortet und mit dem Anruf als Geometrieobjekt abgelegt.

Das Modul *Groupware*[72] bietet Kalender, Aufgabenlisten, Journal und Kontaktdaten. Es ist Active Directory integriert. Die Kontaktdaten werden in einem zentralen Verzeichnisdienst gespeichert.

Das Modul *Vorgangsbearbeitung* bietet Disponenten die Möglichkeit Vorfälle aufzunehmen, einen Einsatz auszulösen und Ressourcen einzusetzen. Bei Abschluss eines Vorfalles wird der gesamte Vorgang einschließlich der verwendeten Ressourcen archiviert.

Das Modul *Statistik* erlaubt es, Controlling-Aufgaben im System wahrzunehmen. Es ermöglicht die statistische Analyse aller Entitäten des Systems. Die Ergebnisse können in Form von Listen und Diagrammen ausgegeben werden, die im Dokumentenmanagementsystem hinterlegt werden. Die Ergebnisse können Ausgangspunkt für eine anschließende Geo- und Zeitanalyse sein.

Das Modul *Einsatztagebuch* zeigt eine chronologische Darstellung aller Geschehnisse im System. Es listet auf wer, wann und wohin welche Einheiten gesendet hat und welchen Auftrag diese hatten. Darüber hinaus gibt es Auskunft, wann welche Analyseergebnisse oder Referenzen eingestellt wurden.

Das Modul *Lage* bietet ergänzend zum Einsatztagebuch einen räumlichen Eindruck der aktuellen Lage. Diese vorkonfigurierte Sicht zeigt ausschließlich in einem Überblick den aktuellen Sachstand. Für

[72] "Groupware ist eine für die Computerunterstützung gruppenorientierter Arbeitsabläufe bereitgestellte Software. Darunter versteht man den koordinierten Austausch gruppenbezogener Informationen und ihre kooperative Bereitstellung. Groupware richtet sich damit schwerpunktmäßig auf die Abbildung nicht formalisierbarer Vorgänge." [113]

"Unter Groupware versteht man die Klasse der Anwendungen, die eine Arbeitsgruppe bei kooperativer Arbeit unterstützen. Groupwareanwendungen unterstützen Gruppen, die in einer gemeinsamen Arbeit engagiert sind und liefern somit eine Schnittstelle zu einer gemeinsamen Umgebung. Der Begriff Groupware entstand zu Beginn der 80er Jahre als eine neue Art von Software definiert wurde, die der Zusammenarbeit von Teams dienen sollte. Seit diesen Anfängen hat sich Groupware als Oberbegriff für kommerzielle Produkte der Informationstechnik durchgesetzt, die der Unterstützung der Organisationen dienen."[111]

alle weitergehenden Betrachtungen wird das Geo- und Zeitanalyse-Modul verwendet.

Das Modul *Ressourcen-Management* bietet Funktionalitäten zur Verwaltung von Personal, Material und Infrastruktur. Die Kontaktinformationen werden mit dem Verzeichnisdienst synchron gehalten.

Das Modul *Import und Export* richtet sich an Benutzer, die große Datenmengen in das System einbringen oder in andere Systeme übertragen wollen. Container ist ein properitäres XML-Format. Binärinhalte wie Dokumente oder Anrufmitschnitte werden in Base64 kodiert in das XML eingebettet. Für Im- und Exporte lassen sich interaktiv Filterprofile im System hinterlegen, die zur Laufzeit auf die Im- und Exporte angewendet werden. In den Exportprofilen wird weiterhin der Zeitpunkt der letzten Exportes gespeichert. Es werden transaktionale Logs und vollständige Exporte unterstützt. Bei einem vollen Export wird die Zeithistorie nicht mit exportiert.

Das Modul *Wissensbasis* bietet eine Wiki, um alle Arten von unstrukturierten Informationen zentral verfügbar zu machen. Die Wiki Informationen lassen sich wie Referenzen mit allen Arten von Objekten verknüpfen. Die Wissensbasis hat die Aufgabe die Informationen aufzunehmen, die sonst keinen oder nur in einem unstrukturierten Textdokument Platz gefunden hätten.

Security Layer

Der Security Layer ist orthogonal zu den übrigen drei Schichten ausgerichtet. Er regelt querschnittlich die Protokollierung und Zugriffskontrolle:

Die *Protokollierung* erfolgt im Syslog-Format und wird zentral von einem Protokollserver eingesammelt. Dieser schreibt eine Kopie aller Anwendungs- und Betriebssystemprotokolle ins Archiv. Im Protokollserver sind zentral sämtliche Protokolle recherchierbar und einsehbar.

Die *Zugriffskontrolle* erfolgt integriert mittels Active Directory. Alle Rollen- und Rechtekonfigurationen werden in dem zentralen Verzeichnisdienst abgelegt. Der Zugriff auf den Verzeichnisdienst

erfolgt über LDAP. Die Konfiguration erfolgt über ein Snap-In für die Microsoft Management Console, da dies das zentrale Werkzeug für Windows-Administratoren ist.

Supply Layer

Der Supply Layer bietet Dienste mit Standardfunktionalitäten, die von den Portal-Modulen eingebunden werden. Zugriffe auf den Data Layer werden durch den Supply Layer gekapselt. Der Supply Layer besteht aus 8 Komponenten, die nachfolgend beschrieben werden. Das Zusammenspiel der Komponenten wird in Kapitel 5.2.1 (Komponenteninteraktion) näher beschrieben.

Das *Workflowmanagement-Framework* ermöglicht den objektorientierten Zugriff auf die Entitäten in der Datenbank. Es stellt die Businesslogiken zur Verfügung. Darüber hinaus erlaubt es die Definition von Rollen und Berechtigungen.

Das *Statistik-Framework* bietet eine Sammlung statistischer Methoden und Funktionen. Ein Query Builder erlaubt die Live-Daten gezielt aus der Datenbank abzufragen. Die Ergebnisse können aggregiert und verschiedene Diagrammtypen daraus berechnet werden.

Die *Mail- und Kommunikationsdienste* umfassen zum Einen textbasierte Dienste wie EMail, Fax, SMS und Pager Dienste zum Anderen Sprachdienste wie Telefon und Funk. Der Mailserver kommuniziert mit anderen Mailservern mittels SMTP (vgl. Kapitel 3.1.3) über die Firewall (vgl. Kapitel 5.2.2). Die übrigen Dienste werden mittels entsprechender Gateways über die Telefonanlage abgewickelt. Die Gateways sind Modulbestandteile der Telefonanlagen.

Die *ATOM Library* (vgl. Kapitel 3.4.2) liest externe ATOM Feeds ein und stellt die Informationen zentral zur Verfügung. Darüber hinaus stellt die Library Funktionen zum Suchen, Aggregieren, Priorisieren und Filtern bereit.

Die *Common Web Services* (siehe Kapitel 3.3.1) stellen WMS, CSW, WFS und WCS Dienste bereit. Darüber hinaus wird ein Geoparser Dienst (vgl. Kapitel 3.3.3) bereitgestellt. Der *Gazetteer Service*

(siehe Kapitel 3.3.3) wird vom Geoparser Dienst zur Adresskodierung verwendet.

Der *Sensor Observation Service* (siehe Kapitel 3.4.4) dient der Aufnahme, Katalogisierung und Verarbeitung von Sensormeldungen.

Das *Dokumentenmanagement*[73] stellt Funktionen zur Versionierung, Speicherung, Recherche und Freigabe von Dokumenten[74] bereit.

Data Layer

Der Data Layer gruppiert alle Komponenten der zentralen Datenhaltung:

Der *Verzeichnisdienst* wird als Teil eines Active Directories zur Verfügung gestellt. Hier werden zentral alle personenbezogenen Daten, Rollen und Berechtigungen gespeichert. Die Anwendungen greifen über LDAP (siehe Kapitel 3.1.1) auf den Verzeichnisdienst zu.

Das *Archiv* ist als Hardwareeinheit realisiert. Über eine API können Dateien revisionsicher abgelegt werden. Es wird in Kapitel 5.17 näher beschrieben.

Der *Datei-Speicher* ist als Hardwareeinheit realisiert. Er stellt neben der sicheren Speicherung von Dateien FTP, iSCSI und NFS Dienste bereit. Der Dateispeicher wird in Kapitel 5.17 näher beschrieben.

Das *DBMS* ist ein relationales Datenbankmanagementsystem. In ihm werden zentral alle Metadaten von Entitäten sowie deren Informationsbeziehungen abgelegt. Es muss eine Spatial Erweiterung

[73] "Ein *Dokumentenmanagementsystem* dient zur Organisation und Koordination der Entwicklung, Überarbeitung, Überwachung und Verteilung von Dokumenten aller Art über ihren gesamten Lebenszyklus von ihrer Entstehung bis zu ihrer Vernichtung. Zwischen diesen Etappen liegen Kontroll-, Steuerungs- und Weiterleitungsfunktion." [114, Seite 21]

[74] "*Dokumente* sind alle Objekte auf Papier oder in elektronischer Form, die Informationen für die jeweiligen betrieblichen Prozesse zur Verfügung stellen. Dokumente werden gruppiert und gemäß ihres Inhaltes kategorisiert." [114, Seite 3]

gemäß Kapitel 3.5.2 und eine XML-Erweiterung für das Speichern, Zugreifen und Indizieren von XML-Dokumenten in Spalten besitzen.

5.1.2. Informationsbeziehungen

Die Analyse der Systemanforderungen identifizierte die zentralen Entitäten Ressource, Ereignis, Referenz und Lage:

Eine *Ressource* (vgl. Kapitel 4.1.6) ist der abstrakte Oberbegriff für Material, Personal und Liegenschaften. Ressourcen werden in Einsätzen benutzt, um Aufträge zu erfüllen. Ressourcen besitzen einen Einsatzstatus, der sich im Laufe eines Einsatzes ändern kann. Einsätze besitzen einen Ablauf mit einem definierten Anfang und Ende. Einsätze werden in der Vorgangsbearbeitung koordiniert. Dort werden auch die Ressourcen für den jeweiligen Einsatz freigegeben. Ressourcen können Positionen zugeordnet werden, die sich über die Zeit hinweg betrachtet ändern können.

Ein *Ereignis* (vgl. Kapitel 4.1.7) wird dem System durch Melden bekannt gemacht. Ereignisse sind der Auslöser für Lagen und Einsätze. Das Einsatztagebuch protokolliert Ereignisse, verwendete Ressourcen und die Anwendung von Referenzen zur späteren Auswertung. Ereignisse treten an zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort auf. Ereignisse können aus Sensormeldungen hervorgehen.

Eine *Referenz* (vgl. Kapitel 4.1.5) kann ein Plan, Gesetzestext oder Vorschrift sowie beliebige andere Dokumente sein. In Plänen können Reaktionen auf die Veränderung des Einsatzstatus einer Ressource vermerkt werden. Einsatzpläne bestimmen den Einsatz von Ressourcen. Das Einsatztagebuch ist ein Dokument, dass seinerseits als Referenz für andere Dokumente verwendet werden kann. Referenzen wie zum Beispiel Pläne können einen Raum-Zeit-Bezug aufweisen.

Eine *Lage* (vgl. Kapitel 4.1.1) definiert den organisatorischen Rahmen. Sie begründet den Einsatz von Ressourcen in Aufträgen. Eine Lage spielt sich in einem definierten Einsatzraum ab. Eine Lage

besitzt einen Anfang und ein Ende. Eine Lage muss explizit benannt und ausgerufen werden.

Diese vier Entitäten existieren als Objekte der realen Welt unabhängig voneinander. Dennoch beeinflussen sie sich gegenseitig. Für jede Analyse ist es wichtig, Ort und Zeit eines jeden Objektes zu kennen und miteinander vergleichen zu können. Die Raum-Zeit ist das zentrale Vergleichskriterium, an dem Beziehungen ausgemacht werden können.

Abbildung 5.2 stellt die Informationsbeziehungen graphisch dar. Im Mittelpunkt steht der Raum-Zeitbegriff. Um ihn sind die abstrakten Entitäten angeordnet. Nach außen hin werden die abstrakten Begriffe konkretisiert. Die Pfeile deuten Beziehungen an, die ausschließlich über die den Vergleich von Raum und Zeit hergestellt werden können.

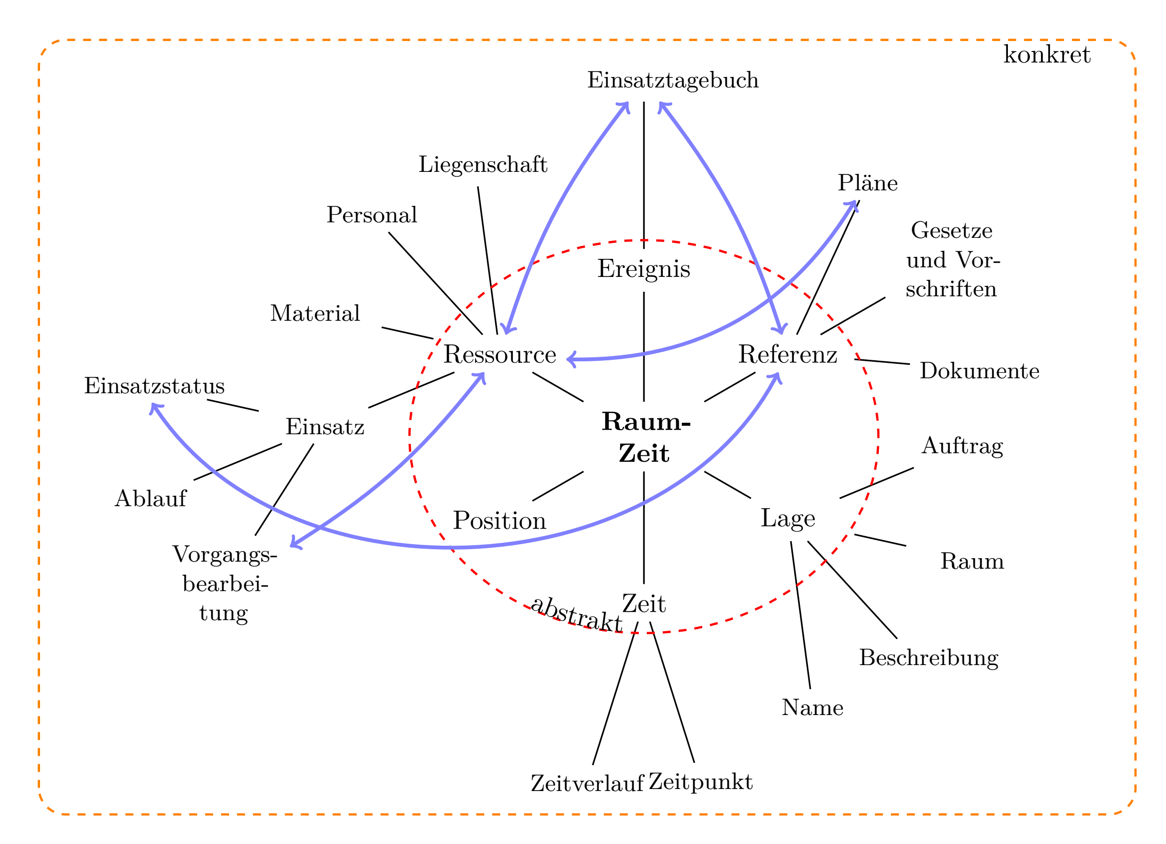


Abbildung 5.2.: Entitäten und ihre Informationsbeziehungen

5.1.3. Datenmodell

Für jede Entität gilt es, neben den eigenen Attributen, die expliziten und impliziten Beziehungen zu modellieren. Die expliziten Beziehungen werden mittels TIE Modell (siehe Kapitel 3.5.1) realisiert. Die impliziten Beziehungen werden durch die räumlichen und zeitlichen Abhängigkeiten definiert. Zur Abbildung der räumlichen Abhängigkeiten wird jede Entität des Entitätenmodells (vgl. Abbildung 5.2) um ein Geometrieobjekt erweitert, in dem die räumliche Repräsentation gespeichert wird. Hierdurch wird eine Standardimplementierung als Featureklasse erreicht. Die Modellierung der zeitlichen Abhängigkeiten wird durch Versionierung der Entitäten erzielt. Diese Erweiterung wird im nachfolgenden Kapitel 5.1.4 ("Datenmodell für die Zeitrepräsentation") näher beschrieben. Abbildung 5.3 verdeutlicht den Aufbau einer Entität.

Das beschriebene Datenschema ist bewusst unnormalisiert. Ziel ist ein möglichst schlankes Schema, das eine Interpretation der Haupttabellen als Featureklassen erlaubt.

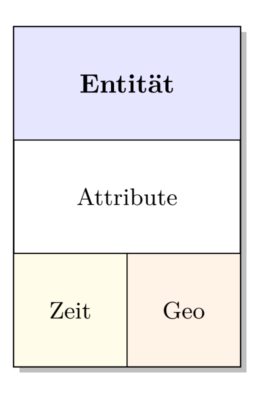


Abbildung 5.3.: Aufbau der Entitäten im Datenmodell

Mehrfachauswahl

Attribute, die eine Mehrfachauswahl von Werten zulassen sollen, werden als XML-Datentyp modelliert. Mit diesem Trick wird die notwendige Tabellenstruktur auf eine minimale Anzahl an Tabellen beschränkt. Kostenintensive Joins[75] werden vermieden. Die Datenstruktur ist mit einem Standard GIS lesbar.

Wertelisten

Wertelisten müssen modelliert werden, damit Constraints die Datenintegrität prüfen können. Des Weiteren liefern sie einen wertvollen Beitrag bei der Befüllung von Combo-Boxen und zur Anzeige von kontextsensitiven Hilfen. Bei gleichen Attributen können die Wertelisten für die verschiedenen Entitäten wieder verwendet werden. Abbildung 5.4 zeigt das Modell für die Wertelisten. Die Tabellen der

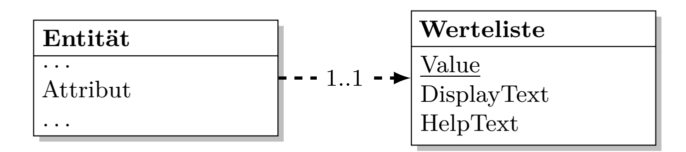


Abbildung 5.4.: Modell für eine Werteliste

Wertelisten sind wie folgt aufgebaut:

- **Value:** Werte, die das zugehörige Attribut in der Datenbankrepräsentation annehmen darf. Diese Spalte muss der Primärschlüssel der Tabelle sein, damit ein Fremdschlüssel Constraint später die Datenintegrität prüfen kann.
- **DisplayText:** Text, der in der GUI in den Combo-Boxen angezeigt werden soll.
- **HelpText:** Text für die kontextsensitive Hilfe.

[75] Tabellenverknüpfungen

Für jedes Attribut dessen Wertebereich eingeschränkt werden kann, sollte eine Werteliste angelegt werden.

5.1.4. Datenmodell für die Zeitrepräsentation

Das Datenmodell für die Zeitrepräsentation baut auf dem Snapshotmodell auf. Für jede Entität wird in bei Veränderung ein neuer Datensatz in seine Tabelle geschrieben. Dieser Datensatz repräsentiert die neue Version der Entität. Alle Versionen einer Entität werden laufend durchnummeriert. Die Einträge in der Tabelle sind doppelt verkettet. So ist es möglich geordnet durch die Versionen einer Entität zu wandern. Jede Version trägt die Information in für welches Zeitintervall sie gültig war. Abbildung 5.5 visualisiert das Datenmodell.

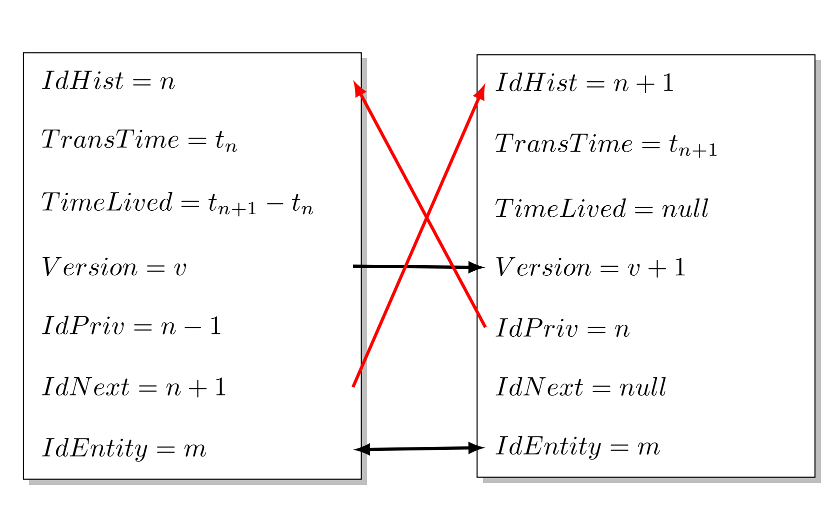


Abbildung 5.5.: Datenmodell für die Zeitrepräsentation

In jeder aktuell gültigen Version ist die ID des Nachfolgers unbekannt und daher mit NULL belegt. In der initialen Version ist der Vorgänger nicht existent und mit NULL belegt. Alle Versionen einer Entität tragen die selbe ID. Das Listing 5.1 zeigt eine Referenzimplementierung eines *Triggers* für die Versionierung in PL/SQL. Die Attribute in der Abbildung 5.5 und im Listing 5.1 werden semantisch wie folgt definiert:

- **IdHist:** Global eindeutige ID des Datensatzes. Sie dient als Primärschlüssel der Tabelle.
- **TransTime:** Zeitpunkt, zu dem die Transaktion stattgefunden hat. Sie repräsentiert den Anfangszeitpunkt des Intervalls, in dem die Version aktuell ist.
- **TimeLived:** Zeitspanne, in der die Version aktuell war. Die Summe aus TRANSTIME und TIMELIVED ergibt den Endzeitpunkt des Existenzintervalls.
- **Version:** Versionsnummer der Entität. Neue Versionen einer Entität werden fortlaufend durchnummeriert.
- **IdPriv:** Zeiger auf die Vorgängerversion.
- **IdNext:** Zeiger auf die nachfolgende Version der Entität.
- **IdEntity:** Eindeutige ID der Entität. Sie ist für alle Versionen einer Entität gleich.

Listing 5.1: Die Versionierung der Objekte ist mittels instead-of Trigger realisiert.

```
1 CREATE TRIGGER TRG_ENTITY_HIST
    INSTEAD OF UPDATE ON ENTITY_HIST
3 AS
    newID NUMBER := ID_SEQ.NEXT_VAL;
5   transactTime DATE := SYSDATE;
  BEGIN
```

```
7   INSERT INTO ENTITY_HIST (
        ID_HIST,
9       TRANS_TIME,
        VERSION,
11      ID_ENTITY
        ID_PRIV,
13      ID_NEXT,
        TIME_LIVED )
15  VALUES (
        newID,
17      transactTime,
        :OLD.VERSION+1,
19      :OLD.ID_ENTITY,
        :OLD.ID_HIST,
21      NULL,
        NULL );
23
    UPDATE ENTITY_HISTORY
25  SET
        ID_NEXT=newID,
27      TIME_LIVED=transactTime-:OLD.TRANS_TIME
    WHERE ID_HIST=:OLD.ID_HIST;
29
END TRG_ENTITY_HIST;
```

Aus Performancegründen ist es ratsam, den Zugriff auf die originalen und die aktuellen Versionen mittels *Materialized Views* zu cachen. Die Listings 5.2 und 5.3 zeigen eine Referenzimplementierung in PL/SQL.

Listing 5.2: Materialized View, der ausschließlich die aktuelle Version der Objekte enthält.

```
CREATE MATERIALIZED_VIEW ENTITY
2   FAST REFRESH ON COMMIT
AS
4   SELECT * FROM ENTITY_HIST
    WHERE ID_NEXT IS NULL;
```

Listing 5.3: Materialized View, der ausschließlich die originale Version der Objekte enthält.

```
1 CREATE MATERIALIZED_VIEW ENTITY_ORIG
    FAST REFRESH ON COMMIT
3 AS
    SELECT * FROM ENTITY_HIST
5   WHERE ID_PRIV IS NULL;
```

Aus Sicht des GIS-Systems können die beiden Materialized Views als einzelne Layer verwendet werden. Die versionierten Entitäten sind in einem Standard-GIS nutzbar. Durch die Option Fast Refresh on Commit werden die Materialized Views beim Einfügen in die History Tabelle der jeweiligen Entität durch das Datenbankmanagementsystem aktuell gehalten.

5.1.5. Diskussion der Designentscheidungen

Das Datenmodell nutzt die in Kapitel 3.5 diskutierten Techniken. Jede Entität wird aus seinen Attributen, einer Geo- und einer Zeitkomponenten zusammengesetzt. Die Entitäten erhalten so die Eigenschaften einer Standard Feature-Tabelle und können nativ von verschiedenes GIS Systemen gelesen werden. In Kapitel 3.5.2 wurde dargelegt, dass (noch) kein Standard für die Realisierung von Zeitbeziehungen in einem GIS existiert. Das Datenmodell für die Zeitrepräsentation wurde daher in Anlehnung an das Snapshotmodell entworfen und die in der Literatur beschrieben Vergleichs-Operatoren auf dem Modell aufbauend definiert. Die expliziten Informationsbeziehungen wurden mittels TIE-Model realisiert.

Die Identifikation der Entitäten, die in Beziehung zueinander stehen, ist durch Modellierung der Systemanforderungen entstanden. Die Zusammenhänge der Informationsbeziehungen sind eine logische Folge aus den Analyseergebnissen der Szenarien.

Die Einzelkomponenten des Komponentenmodells sind aus der Forderung nach einem modularen Aufbau und darüber hinaus aus der namentlichen Erwähnung der Komponenten in den Systemanforderun-

gen entstanden. Sie wurden auf die Layer des Komponentenmodells so verteilt, dass Funktionalitäten genau einer Komponente zuordbar sind und nur von genau einer Komponente implementiert werden.

Der Data Layer versteht sich als die Schicht, in der alle Daten persistiert werden. Im Service Layer kann jede Komponente als Web-Service aufgefasst werden. Die oberste Schicht sind die Portal Module, die die Funktionalitäten für die Benutzer kapseln. Zwischen den Schichten liegen definierte Schnittstellen. Die sicherheitskritischen Dienste Protokollierung und die Zugriffskontrolle werden allen drei Layern zentral zur Verfügung gestellt.

Besonders herauszuheben sind in diesem Kontext zum einen das Lage und das Geo- und Zeitanalyse-Modul, in denen die Aufgaben der Lageanalyse wahrgenommen werden können, sowie zum anderen das Statistik-Modul, das mit den anderen Modulen interagiert und die notwendigen Statistiken für die Risikobewertung liefert. Die übrigen Module decken den Aufgabenbereich der Grundfunktionalitäten ab. Diese Module tragen insbesondere den definierten Anwendungsfällen (Kapitel 2.2) Rechnung.

Die Wissensbasis ist als Wiki konzipiert und dient der Aufnahme weniger stark strukturierter Informationen. Sie basiert auf dem Web-2.0 Gedanken und erlaubt den Nutzern ihr Wissen umfassend in das System einzubringen.

5.2. Prozess-Sicht

Die in Kapitel 5.1 definierte Komponenten werden im Unterkapitel Komponenteninteraktion beleuchtet. Im Anschluss wird die Firewall-Kommunikation der Komponenten zur Außenwelt dargestellt. Schließlich wird das Backup-Konzept erläutert.

5.2.1. Komponenteninteraktion

Die im Komponentenmodell (vgl. Abbildung 5.1 Seite 145) definierten Komponenten greifen hierarchisch aufeinander zurück. Ihre Interaktion wird nachfolgend in Module des Portals gegliedert dargestellt.

Statistische Analysen

Das Statistik-Modul des Portals beinhaltet ausschließlich die GUI-Elemente zur Interaktion mit dem Benutzer. Zur Berechnung der Statistiken bedient es sich des Statistik-Frameworks. Dieses hat den Zugriff auf die Daten in der Datenbank. Es kann diese Daten aggregieren und anschießend als Tabellen, Diagramme oder als GIS Layer ausgeben. Das Statistik Modul kann anschließend den erzeugten Layer über vorkonfigurierte WMS Layer blenden und so eine kartenähnliche Darstellung erzeugen.

Abbildung 5.6 visualisiert das Zusammenspiel von Web Map Service und Statistik-Framework im Statistik-Modul.

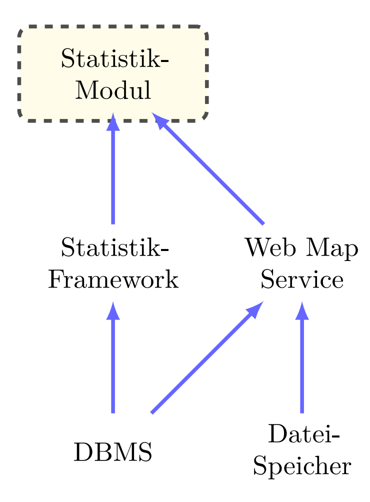


Abbildung 5.6.: Zusammenspiel von Web Map Service und Statistik-Framework im Statistik-Modul

Ressourcenmanagement

Das Modul Ressourcenmanagement beschäftigt sich mit der Verwaltung von Personal, Material, Liegenschaften und Dokumenten: Material und Liegenschaften werden vom Workflowmanagement-

Framework (WfMgmtFw) verwaltet. Dieses speichert die Informationen in der Datenbank. Personendaten und Institutionen werden ebenfalls durch das WfMgmtFw verwaltet. Allerdings werden die Informationen nicht nur in der Datenbank gespeichert, sondern zusätzlich mit dem Verzeichnisdienst synchronisiert. Dies hat zum einen den Vorteil, dass den erfassten Rollen und Institutionen Rollen und Berechtigungen zugewiesen werden können, zum anderen sind externe Applikationen, wie zum Beispiel Mailclients oder die Telefonanlage, in der Lage über LDAP (siehe Kapitel 3.1.1) auf den zentralen Verzeichnisdienst zuzugreifen. Dokumente werden durch das Dokumentenmanagement-System (DMS) verwaltet. Das DMS erfasst die Metadaten der Dokumente recherchierbar in der Datenbank. Eine Kopie aller Versionen der Dokumente legt es im Archiv ab. Das Ressourcenmanagement-Modul ist in der Lage Verknüpfungen von Dokumente mit anderen Entitäten der Datenbank zu erstellen.

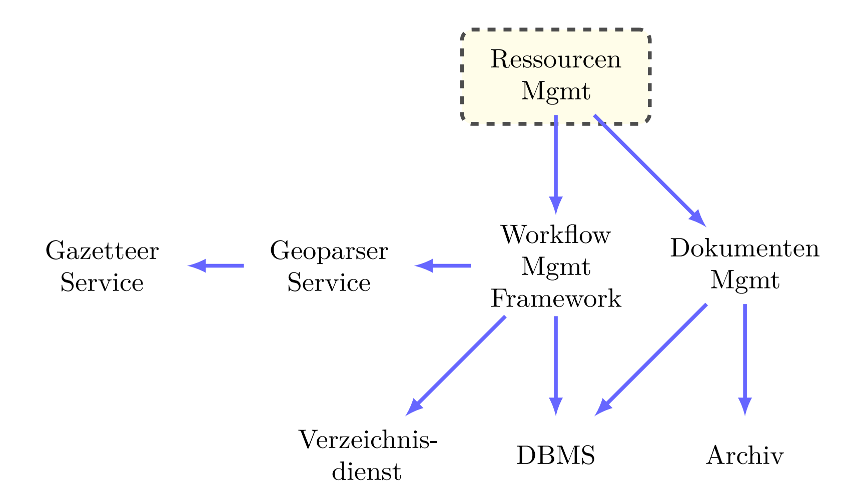


Abbildung 5.7.: Zusammenspiel von Workflowmanagement-Framework und Dokumentenmanagement im Ressourcenmanagement-Modul

Das WfMgmtFw kann mittels Geoparser und Gazetteer Service einen Vorschlag für die Verortung der Dokumente automatisiert generieren. Dieser muss jedoch von dem jeweiligen Nutzer überprüft und ggf. angepasst werden.

Abbildung 5.7 stellt die am Ressourcenmanagement beteiligten Komponenten dar.

Lage

Die Darstellung des Lagebildes beruht auf wenigen fest konfigurierten geographischen, kartenähnlichen Darstellungen, die von einem WMS geliefert wird. Der Catalog Service gibt Auskunft darüber, welche Darstellungen verfügbar sind.

Der WMS bedient sich aus zwei Datenquellen:

1. Rasterbilder, wie Rasterkarten, Höhenmodelle und Luftbilder. Die Rasterbilder werden aus dem Datei-Speicher vorgehalten.

2. Featuredaten aus den Senordaten, Entitäten und ggf. hinterlegten Vektorkartenbeständen. Alle diese Informationen werden in der zentralen Datenbank abgelegt.

Abbildung 5.8 verdeutlicht den Weg der Erstellung des Lagebildes.

Nachrichten und Sensormeldungen

Sensormeldungen werden jeweils vom Sensor Observation Service entgegengenommen und im Catalog Service registriert. Die Katalogdaten werden in der zentralen Datenbank abgelegt. Nachrichten werden von der ATOM Library entgegengenommen, aufbereitet, gefiltert und in der Datenbank gespeichert. Das Workflowmanagement-Framework bereitet die angeforderten Informationen auf und stellt sie dem Nachrichten-Modul zur Anzeige zur Verfügung.

Abbildung 5.9 verdeutlicht den Weg der Nachrichten und Sensordaten bis ins Nachrichtenmodul.

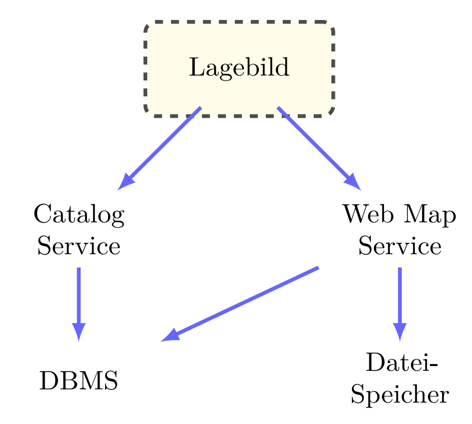


Abbildung 5.8.: Erzeugen des Lagebildes

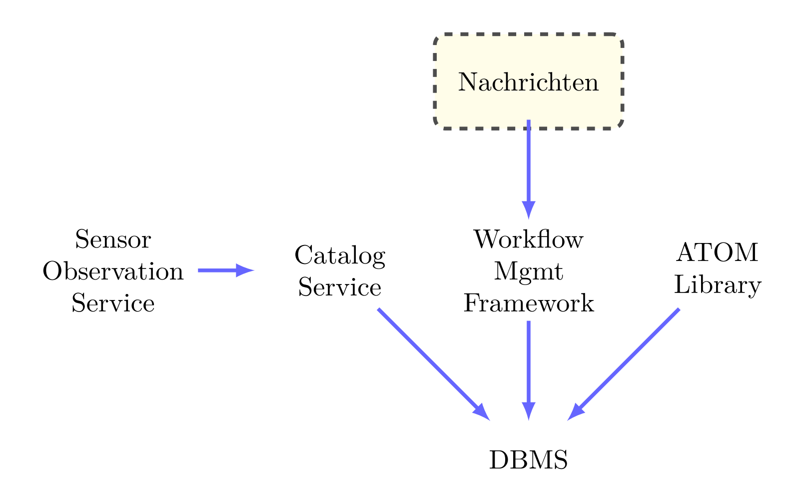


Abbildung 5.9.: Nachrichten und Sensordaten

Kommunikation und Groupware

Das Groupware- und das Kommunikationsmodul beziehen beide zentral ihre Informationen aus der Mail- und Kommunikationsdienste-Komponente. Diese greift auf die Telefonanlage für Telefonate, Faxe, Funk- und Pager-Nachrichten zurück. Anrufprotokolle und Aufzeichnungen werden auf dem Datei-Speicher zwischengespeichert und anschließend in das Archiv geschrieben. Adressen und Telefonnummern werden aus dem Verzeichnisdienst ausgelesen.

Die Abbildung 5.10 illustriert das Zusammenspiel der Kommunikationskomponenten.

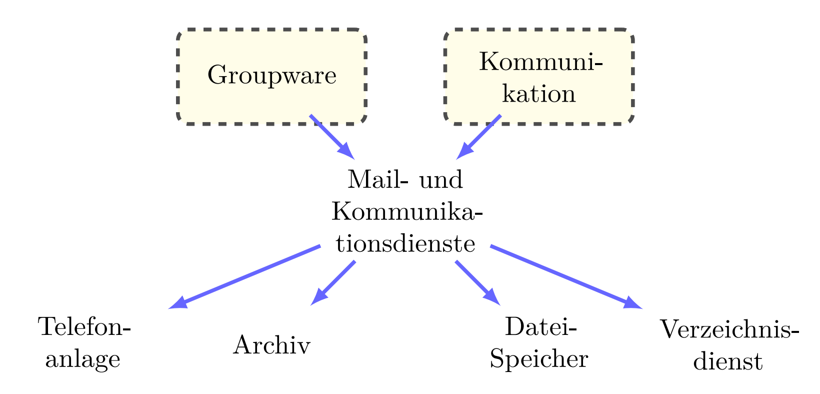


Abbildung 5.10.: Zusammenspiel der Kommunikationskomponenten

Geo- und Zeitanalyse

Der Prozess der Geo- und Zeitanalyse ist eine komplexe Angelegenheit. Suchen können mit einer großen Anzahl von verschiedenen Attributen sowie text-, zeit- und raumbasierten Operatoren gegen die zentrale Datenbank angestoßen werden. Adressen können mittels Gazetteer Service On-The-Fly in Koordinaten transformiert und zur Einschränkung des Suchergebnisses sowie zur Darstellung im geographischen Raum verwendet werden. Gazetteer, Web Map, Coverage

und Web Feature Service sind im Catalog Service registriert. Das Geo- und Zeitanalyse-Modul kann so im Katalog zur Verfügung stehende Dienste ermitteln.

Für die Detailanalyse von Luftbildern und anderen Raster-Informationen liefert der Coverage Service den gewünschten Ausschnitt aus den Originaldaten. Diese können für die Analyse in externen Anwendungen, wie Bildanalysesoftware oder Videoanwendungen geladen werden. Der Datei-Speicher dienst als Aufbewahrungsort für alle Zwischenergebnisse und Produkte. Der Web Feature Service dient der attributbasierten Suche von Features sowie der Persistierung von Änderungen von Features.

Die dynamischen Prozesse der Geo- und Zeitanalyse werden in Abbildung 5.11 dargestellt.

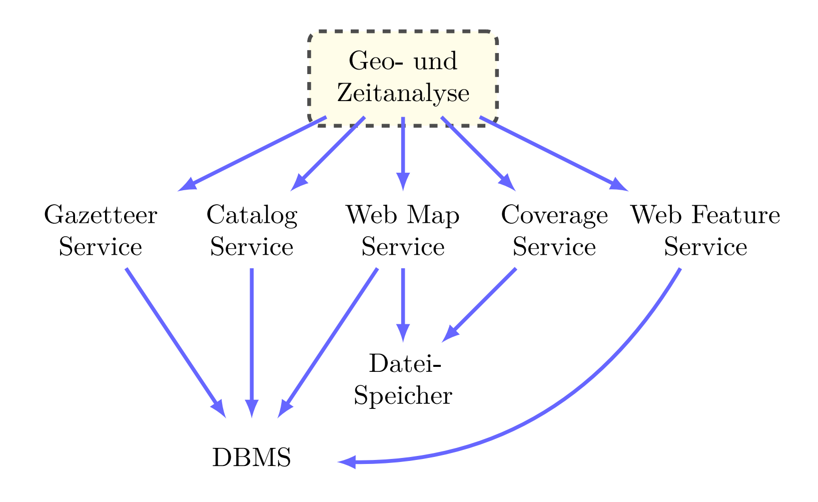


Abbildung 5.11.: Geo- und Zeitanalyse

Wissensbasis

Die Wissensbasis ist einfach strukturiert. Sie besteht aus einer Wiki, die ihre Informationen in der zentralen Datenbank speichert. Abbildung 5.12 verdeutlicht den Zugriff der Wissensbasis auf die Datenbank.

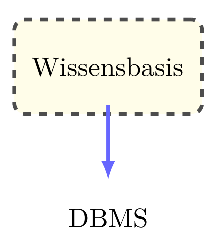


Abbildung 5.12.: Wissensbasis

Vorgangsbearbeitung

Die Vorgangsbearbeitung erhält Protokolle und Aufzeichnungen aus geführten Konversationen aus dem Kommunikationsmodul. Seinerseits bedient es sich dem Workflowmanagement-Framework für die Persistierung der Änderungen und der Recherche in der Datenbank. Bei Abschluss eines Vorganges wird der gesamte Vorgang archiviert. Die Kommunikation der an der Vorgangsberarbeitung beteiligten Komponenten wird in Abbildung 5.13 visualisiert.

Einsatztagebuch

Das Einsatztagebuch zeigt eine chronologische Darstellung aller Geschehnisse im System. Die Daten bezieht es aus dem Workflowmanagement-Framework, welches sich seinerseits auf die Datenbank abstützt. Abbildung 5.14 verdeutlicht die Zusammenhänge der Interaktion bei der Darstellung des Einsatztagebuches.

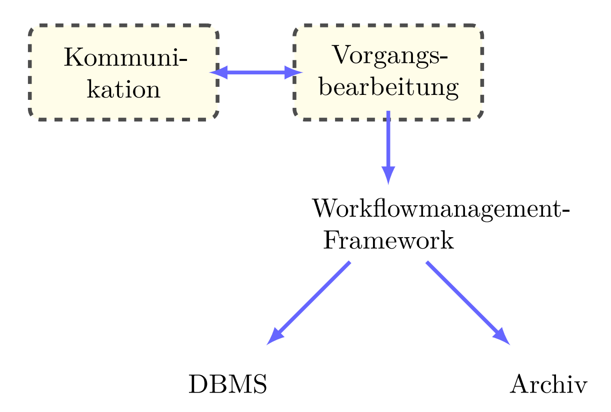


Abbildung 5.13.: Vorgangsbearbeitung

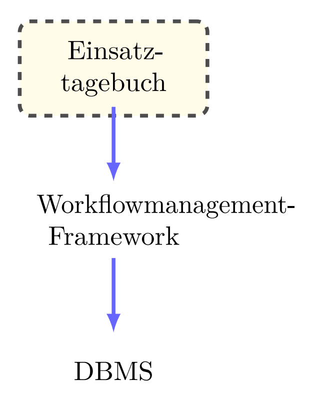


Abbildung 5.14.: Einsatztagebuch

Import und Export

Das Import und Export-Modul liest und speichert inkrementelle transaktionale Logs und volle Datenexporten in XML-Form. Zur Validierung und Prozessierung der eingelesenen Daten kann es auf das Workflowmanagement-Framework (WgMgmtFw) zugreifen.

Dazu hat das WfMgmtFw vollen schreibenden und lesenden Zugriff auf die vier Komponenten des Daten Layers. Protokolle und die Informationen über Importe und Exporte hinterlegt die Komponente in der zentralen Datenbank. Die am Import und Export beteiligten Komponenten werden in Abbildung 5.15 verdeutlicht.

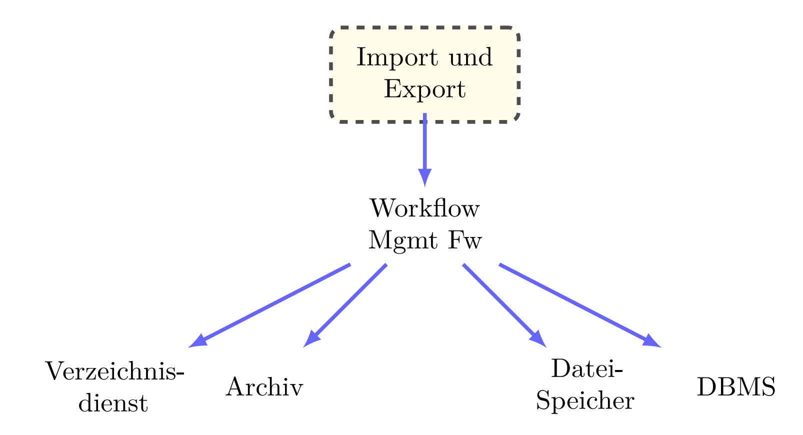


Abbildung 5.15.: Import und Export

5.2.2. Firewall-Kommunikation

Die Firewall-Konfiguration ist eine sicherheitskritische Angelegenheit. Grundsätzlich soll die Firewall jede unerwünschte Kommunikation unterbinden. Dennoch muss sie definierten Diensten Verbindungen ermöglichen:

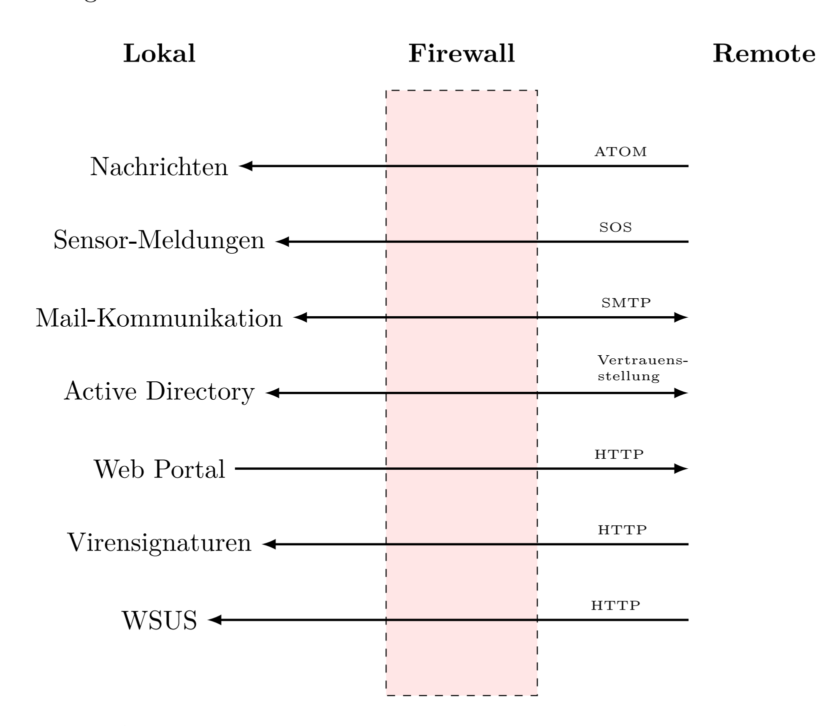


Abbildung 5.16.: Kommunikation über die Firewall

1. Nachrichten werden im ATOM-Format über HTTP (Port 80) ausgetauscht. Geoinformationen werden mittels GeoATOM eingebettet. Die Kommunikation wird von lokal von der ATOM Library initiiert.

2. Sensor-Meldungen tauschen je ein lokaler Sensor Observation Service mit einem entfernten SOS aus. Die Kommunikation kann optional über HTTP oder SOAP als Push vom entfernten SOS erfolgen.

3. Die Mail-Kommunikation erfolgt bidirektional mittels SMTP (Port 25).

4. Der Betrieb einer Vertrauensstellung zwischen Active-Directory-Domänen benötigt eine Vielzahl von Diensten. Tabelle 5.1 gibt eine detaillierte Liste die notwendigen Protokolle und Ports. Die Einrichtung einer Vertrauensstellung ist optional. Wird sie aber nicht eingerichtet müssen Konfigurationen wie DNS Namen, Benutzerverwaltung und Berechtigungen in und außerhalb des Systems redundant vorgenommen werden.

5. Das Web-Portal ist die zentrale Web-Anwendung des Benutzers. Da alle Benutzer außerhalb der Serverumgebung angesiedelt sind, muss der Zugriff über HTTP ermöglicht werden.

6. Die Aktualisierungen der Virensignaturen werden lokal initiiert über HTTP abgeholt.

7. Die Aktualisierung des WSUS-Inhalts erfolgt über das HTTP-Protokoll.

Abbildung 5.16 zeigt eine Übersicht über die erlaubten Dienste und verwendeten Protokolle.

5.2.3. Backup

Das System ist hoch redundant aufgebaut. Die Festplattenbereiche sind in RAID Verbunden mit Hot-Spares konfiguriert. Netzteile und Netzwerkverbindungen sind doppelt ausgelegt. Das Archiv nutzt eine RAIN Architektur. Hardwareausfall eines Servers wird mit einer automatisierten Verlagerung der betroffenen virtuellen Maschinen auf einen anderen Host ausgeglichen. Stromunterbrechungen und

Port	Art des Datenverkehrs
TCP und UDP 389	LDAP
TCP 636	LDAP SSL[1]
TCP 3268	GC[2]
TCP und UDP 88	Kerberos[3]
TCP und UDP 53	DNS
TCP und UDP 445	SMB[4]über IP
TCP 25	SMTP
TCP 135, dynamisch	RPC[5]
UDP 123	Zeitdienst

Tabelle 5.1.: Portzuweisungen für die Active Directory Replikation [86]

[1] Secure Sockets Layer, erlaubt die Verschlüsselung von Verbindungen
[2] Global Catalog, dt. Globaler Katalog
[3] Kerberos ist ein verteilter Authentifizierungsdienst für offene und unsichere Computernetze. Kerberos Version 5 ist im RFC 4120 spezifiziert.
[4] Server Message Block ist ein Kommunikationsprotokoll für Datei-, Druck- und andere Serverdienste in Netzwerken.
[5] Remote Procedure Call ist eine Technik zur Realisierung von Interprozesskommunikation. Sie ermöglicht den Aufruf von Funktionen in anderen Adressräumen wie anderen Computern

-schwankungen werden mit USVen abgefangen. Darüber hinaus besteht in jedem Fall die Notwendigkeit Backups einzurichten:

1. Backups ermöglichen die Wiederherstellung des Gesamtsystems nach einem katastrophalen Ausfall (Desaster-Recovery).

2. Backups ermöglichen die partielle Wiederherstellung des Systems oder von Systemdaten, die durch Bedien- oder Konfigurationsfehler beschädigt oder verloren gegangen sind.

Im Backupkonzept müssen alle Hardwarekomponenten sowie alle virtualisierten Server berücksichtigt werden. In Tabelle 5.2 (Seite 173) wird eine Übersicht über den Backup Typ für jede Komponente gegeben.

System-komponente	**Backuptyp**	**Medium**
Datei-Speicher	Hardwareseitige Snapshots	Datei-Speicher, Replikation
Archiv	Replikation	Archiv an einem anderen Ort
ESXi	Backup nicht notwendig	–
Virtuelle Maschinen	Export der virtuellen Maschinen mit VMware Consolidated Backup	Datei-Speicher
DBMS	Application Backup	Datei-Speicher
VMWare-Infrastruktur Server	Backup der virtuellen Maschine	Datei-Speicher
	Application Backup der MS-SQL Datenbank	Datei-Speicher
Firewall	Export der Konfiguration	USB-Medium
Telefonanalge	Export der Konfiguration	USB-Medium

Tabelle 5.2.: Backupkonzept

Die zugrunde liegende Backup Philosophie setzt sich wie folgt zusammen:

1. Konfigurationen von Hardwarekomponenten wie Switche, Firewall und Telefonanlage werden auf einem externen USB-Datenträger gesichert.

2. NAS und Archiv werden auf Band gesichert. Angestrebt ist zusätzlich eine Online-Replikation an einen zweiten Standort. Diese Variante ist aber sehr teuer, da sie eine Verdopplung der Hardwarekomponenten sowie eine breitbandige Netzwerkverbindung voraussetzen würde. Diese Sicherung ist für das Desaster-Recovery-Szenario vorbehalten.

3. Hardwareseitige Snapshots des NAS erlauben es einzelne gelöschte oder veränderte Dateien leicht, schnell und zuverlässig wiederherzustellen.

4. Alle Datenbanken werden mit einem auf die Datenbank abgestimmten Applikationbackup gesichert. Die Datenbankbackups werden als Hotbackups ohne Beeinträchtigung der Verfügbarkeit durchgeführt. Die so entstandenen Backupdateien werden auf einem NAS-Freigabe abgelegt.

5. Auch die virtuellen Maschinen werden in einem Hotbackup verfahren gesichert. VMWware Consolidated Backup (VCB) erzeugt dazu einen Snapshot der virtuellen Maschine. Die nun konsistenen Dateien der virtuellen Maschine (virtuelle Festplatten, RAM Speicherabbild, Konfiguration) werden auf ein NAS-Freigabe kopiert. Anschließend werden die in der Zwischenzeit eingetretenen Änderungen an der virtuellen Maschine auf den Snapshot angewendet.

6. Ein Backup der ESXi Server ist nicht notwendig. Die Konfigurationsdaten befinden sich in der zentralen MS SQL Datenbank, für die bereits ein Backup existiert. Der ESXi Server kann im Fehlerfall einfach vom Installationsmedium neu installiert werden.

5.2.4. Diskussion der Designentscheidungen

Die in Kapitel 5.2.1 dargestellten Interaktionen der Komponenten folgen unmittelbar aus dem Design des Komponentenmodells (Kapitel

5.1) und einer Realisierung als Web-Services. Die gesonderte Betrachtung der Kommunikation der Dienste des Systems über die Firewall mit der Außenwelt trägt den Sicherheitsanforderungen Rechnung. HTTP ist das Standard Web Protokoll. Dieses folgt nicht nur aus der Forderung der Nutzung von Internet-Technologien, sondern lässt sich auch an der Firewall besonders gut filtern. SMTP und SOS wurden als Technologien bereits in Kapitel 3 betrachtet. Die Etablierung einer Vertrauensstellung ist zweischneidig: Diese kann die Sicherheit erhöhen und den Verwaltungsaufwand verringern, da Benutzer nur einmal gepflegt werden müssen. Allerdings werden sehr viele Ports an der Firewall benötigt, was sich negativ auf die Komplexität der Firewallregeln auswirkt. Die Firewall wird so potentiell angreifbarer. Aus diesem Grund wurde die Realisierung der Vertrauensstellung als optional gekennzeichnet.

Grundanforderung eines jeden Sicherheitskonzeptes ist die Existenz eines funktionierenden Backupkonzeptes.

5.3. Physikalische-Sicht

Dieses Kapitel beschreibt Serverkomponenten und deren Vernetzung. Zur Erfüllung der Redundanzanforderungen wird die Serverinfrastruktur weitestgehend virtualisiert:

Dazu werden zunächst die Hardwarekomponenten des physikalischen Systems beschrieben. Im Anschluss wird die Konfiguration des Netzwerkes erläutert. Das Netzwerk wird durch die Serveranteile, die für den Betrieb der Infrastruktur in der virtualisierten Umgebung notwendig sind, vervollständigt. Abschließend werden die Kernserver beschreiben, die den Betrieb des eigentlichen Geoinformationssystems ermöglichen.

5.3.1. Physikalisches System

Das physikalische System besteht aus einem NAS[76], einem Archiv, einer VMWare-Infrastruktur, einer Firewall und zwei Switchen. Die genaue Dimensionierung des Systems hängt von der späteren Skalierung des Systems ab. Daher werden nachfolgend ausschließlich Hinweise als Dimensionierungshilfe gegeben. Abbildung 5.17 veranschaulicht den Aufbau des physikalischen Systems.

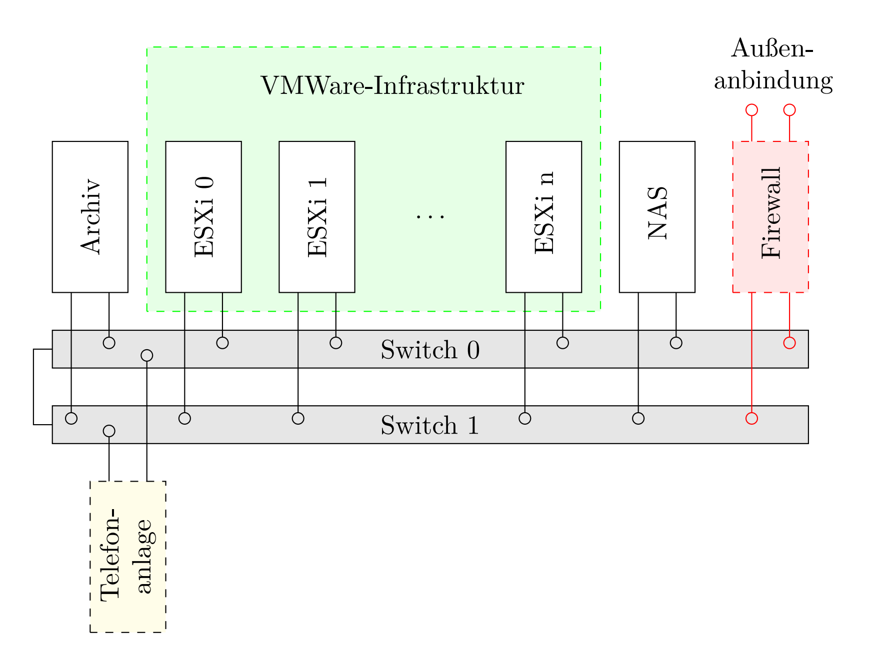


Abbildung 5.17.: Physikalisches System

[76] Network Attached Storage

Der *NAS* stellt zentral den Speicherplatz für alle Server und Anwendungen zur Verfügung. Er muss über die Protokolle iSCSI[77], NFS[78] und FTP[79] angesprochen werden können. Zur Erfüllung der Performance und Redundanzanforderungen werden die Festplatten im NAS in einem oder mehren RAID[80] Verbunden (RAID 5 oder RAID 10) zusammengefasst. Hotspare Platten für jeden RAID Verbund sichern die Funktion des RAID Verbandes auch bei Festplattenausfall.

Das *Archiv* erfüllt die Anforderungen an die revisionssichere Speicherung von Referenzen und Protokollen. Für die Erfüllung der Performance-Anforderungen sollte eine Festplatten basierte Lösung gewählt werden. Es sind einige RAIN[81] Architektur basierte Lösungen verfügbar, die zertifiziert für die revisionssichere Speicherung von Daten sind. Diese Lösungen stellen jeweils eine proprietäre API für den Zugriff und die Ablage von Daten und Dokumenten bereit.

Die *VMWare-Infrastruktur* erlaubt es, die Server mit minimalen Hardwareeinsatz hochverfügbar und redundant auszulegen. Dazu wird je nach Skalierung des System auf einer Reihe von physikalischen Servern eine bare-metal Installation von VMWare vorgenommen. Die Lösung nennt sich ESXi und ist auch als vorinstallierte Serverfirmware erhältlich. Mit Bladecenter und Partitioned-Server-Lösungen kann nochmals eine zusätzliche hardwareseitige Redundanz eingebracht werden. Alle Server sind mit redundanten Netzteilen und Netzwerkadaptern auszustatten.

Zur Komplettierung der Serverinfrastruktur sind weitere Server notwendig, die als virtuelle Maschinen realisiert werden. Sie werden in Kapitel 5.3.3 beschrieben.

Die *Firewall* dient als gesicherter Übergang in die Außenwelt. Alle Clients greifen ausschließlich über die Firewall auf die bereitgestellten Services zu. Der Aufbau der Firewall wird in Kapitel 5.3.4

[77] internet Small Computer System Interface. Stellt das SCSI Protokoll über IP bereit.
[78] Network File Service
[79] File Transfer Protocol
[80] Redundant Array of Inexpensive Discs
[81] Redundant Array of Inexpensive Nodes

näher beschrieben. Eine Reihe von Hardwareherstellern bieten BSI[82]-zertifizierte Lösungen an.

Die redundante Auslegung der *Switche* erlaubt eine Funktion auch bei Ausfall oder Reparatur. Um den Servern *Loadbalancing* über beide Netzwerkadaptern zu ermöglichen müssen die Switche *Multitruncing* unterstützen. Bei der Konfiguration, sind auch die virtuellen Switche der VMWare-Infrastruktur zu berücksichtigen. Zur Absicherung der logischen Netze (siehe Kapitel 5.3.2) müssen die Switche VLANs[83] unterstützen.

Die *Telefonanlage* ist eine optionale Komponente. Sie erlaubt erweitert die möglichen Kommunikationswege um Sprachdienste, Anrufbeantworter, Pager, Fax und Sprechfunk. Ist eine Telefonanlage vorhanden, muss diese mit der Mail- und Kommunikationsdienst-Komponente integriert werden. Ein- und ausgehende Verbindungen werden protokolliert, aufgezeichnet, zugeordnet und archiviert. Der Faxempfang und -versandt wird über ein Mail-to-Fax Gateway abgewickelt. Eingehende Faxe werden in ein PDF umgewandelt, einer Mail angehängt und anschließend zugestellt. Gleiches gilt für Pager und SMS[84] Nachrichten.

5.3.2. Netzwerk

Es werden vier getrennte Netzwerke eingerichtet:

1. Das *Frontend Network* dient der Vernetzung der Server untereinander. Über dieses Netzwerk werden alle Services bereitgestellt.

2. Das *Storage Network* wird zur Anbindung des NAS-Speichers an die Server der VMWare-Infrastruktur benötigt. Den virtuellen Maschinen werden jeweils virtuelle Festplatten auf dem NAS zugeordnet, die über iSCSI angesprochen werden. Damit die volle Festplattengeschwindigkeit an die virtuellen Maschinen

[82]Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
[83]Virtual Local Area Network
[84]Short Message Service, dt. Kurznachrichtendienst

weitergereicht werden kann, sollte das physikalische Netzwerk mit 10 GBit/s Ethernet realisiert werden.

3. Das *Admin Network* dient administrativen Zwecken. Es wird für das Management der VMWare-Infrastruktur benötigt. Die Service-Konsolen der ESXi Server sind an dieses Netzwerk angebunden. VMotion[85] und SVMotion[86] nutzen dieses Netzwerk. Das USV[87] Signal der (Gebäude-) Infrastruktur erfolgt über das Admin Network.

4. Das *Phone Network* dient der ausschließlichen Anbindung der Telefonanlage. Da die Telefonanlage potentielles Angriffsziel ist, ist das anbindende Netzwerk von der übrigens Netzwerkkommunikation abgekoppelt.

Damit die Netze nicht mit eigenen, redundanten Hardwarekomponenten realisiert werden müssen, werden die Netze logisch in VLANs separiert. Die Tabelle 5.3 fasst die logische Netzwerkinfrastruktur zusammen. Die Anbindung von Netzwerkkomponenten an VLANs wird in Tabelle 5.5 beschrieben.

Die Separierung der Netze in der virtualisierten Umgebung wird mit vier verteilten (distributed) vSwitchen realisiert. Die virtuellen Switche müssen wie physikalische behandelt werden. Die Zuordnung der VLANs an die vSwitche erfolgt gemäß Tabelle 5.4. Abbildung 5.18 zeigt die redundante Anbindung der verteilten virtuellen Switche an die physikalischen. Die physikalische Anbindung der verteilten vSwitche erfolgt jeweils über die NICs[88] der ESXi Server.

[85] Verlagern der Ausführung einer virtuellen Maschine zur Laufzeit auf einen anderen Host.

[86] Storage-VMotion: Verlagern des physikalischen Speicherorts der virtuellen Maschine zur Laufzeit.

[87] Unabhängige Strom Versorgung

[88] Network Interface Card, dt. Netzwerkkarte

VLAN ID	Kurzbezeichnung	Beschreibung
VLAN 0	Frontend Network	Normale Server Vernetzung
VLAN 1	Storage Network	iSCSI NAS Zugriff, Archiv Zugriff, Administrative NFS Shares
VLAN 2	Admin Network	Management Ports, vMotion, Service-Konsole, Monitoring
VLAN 3	Phone Network	Anbindung Telefonanlage

Tabelle 5.3.: Logische Netzwerke

VLAN ID	vSwitch	Beschreibung
VLAN 0	vSwitch 0	Frontend Network
VLAN 1	vSwitch 1	Storage Network
VLAN 2	vSwitch 2	Admin Network
VLAN 3	vSwitch 3	Phone Network

Tabelle 5.4.: Zuordnung der Switche zu VLANs

virtuelle, verteilte Switche in den ESXi

vSwitch 0 | vSwitch 1 | vSwitch 2 | vSwitch 3

NIC 0 | NIC 1

Switch 0 | Switch 1

physikalische Switche

Abbildung 5.18.: Switch Konfiguration

Komponente	**VLAN 0**	**VLAN 1**	**VLAN 2**	**VLAN 3**
Archiv	-	1	2	-
ESXi 0	0	1	2	-
ESXi 1	0	1	2	3
...	...	...	...	...
ESXi n	0	1	2	3
NAS	-	1	2	-
Firewall	0	-	-	-
Telefonanlage	0	-	-	3
vCenter-Server	-	-	2	-
Protokoll-Server	0	1	2	-
1. Domain-Controller	0	-	2	-
2. Domain-Controller	0	-	2	-
Update-Server	0	-	-	-
Datenbank-Server	0	-	-	-
Geo-Server	0	-	-	-
Mail-Server	0	-	2	3
Dokumentenmanagement-Server	0	-	2	-
Application-Server	0	-	-	3
Portal-Server	0	-	-	-

Tabelle 5.5.: VLAN Konfiguration der physikalischen Netzwerkkomponenten

5.3.3. Virtualisierter Infrastrukturteil

Die physikalische Serverinfrastruktur wird nachfolgend um einige Server ergänzt, die innerhalb der virtuellen Umgebung realisiert werden. Es handelt sich um den Verwaltungsserver vCenter für die VMWare-Infrastruktur, den zentralen Protokollserver, eine Active-Directory-Domäne und einen Update-Server. Abbildung 5.19 visualisiert die Anbindung dieser Server.

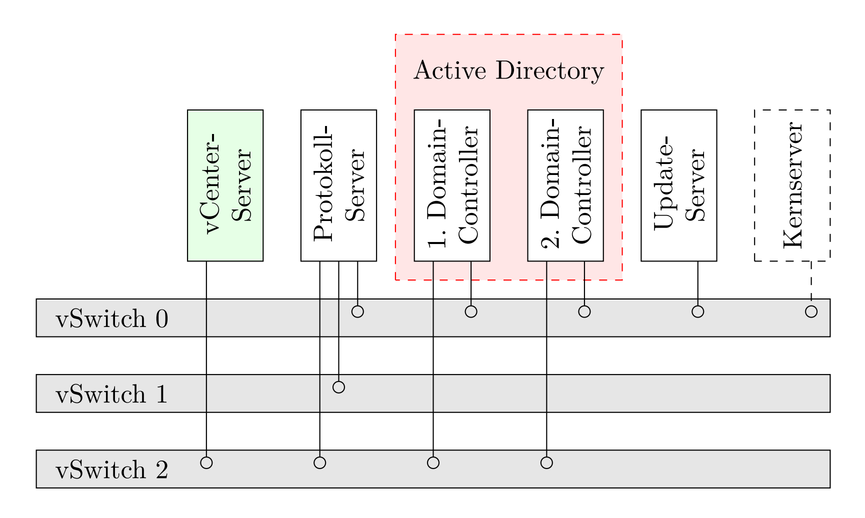


Abbildung 5.19.: Virtuelle Server mit Relevanz für die Infrastruktur

Der *vCenter* Server ist der zentrale Verwaltungsserver der VMWare-Infrastruktur. Er kann virtuelle Maschinen beim Ausfall des physikalischen Host (ESXi) auf andere physikalische Hosts migrieren. Er nimmt das USV-Signal entgegen und steuert die virtuellen Maschinen geeignet an. Änderungen an virtuellen Maschinen und der VMWare-Infrastruktur werden zentral von hier durchgeführt.

vCenter benötigt eine SQL Datenbank zur Verwaltung. Diese kann auf der selben virtuellen Maschine installiert werden, auf der auch vCenter läuft. Die Installation von vCenter setzt ein Microsoft Windows Server-Betriebsystem voraus.

Der *Protokoll*-Server sammelt zentral Protokolle und Eventlogs von allen Servern ein und schreibt diese ins Archiv.

Das *Active Directory* stellt neben einem DNS und Verzeichnisdienst eine zentrale Benutzersteuerung und Steuerungsmöglichkeiten der Sicherheitsrichtlinien bereit. Der Verzeichnisdienst besitzt eine LDAP Schnittstelle, die andere autorisierte Applikationen nutzen können, um auf die Informationen des Verzeichnisdienstes zuzugreifen. Auch die Benutzersteuerung von vCenter und des NAS erfolgt Active Directory integriert.

Der *Update-Server* stellt zentral einen WSUS[89] Server mit Betriebsystem- und Sicherheitsupdates sowie aktuelle Virensignaturen bereit.

Die *Kernserver* laufen als virtuelle Maschinen. Sie werden in Kapitel 5.3.5 beschrieben.

5.3.4. Firewall

Die Architektur setzt auf eine dreistufige Firewall mit einem dedizierten Server für die Überprüfung auf Viren und Schadcode. Der Aufbau wird in Abbildung 5.20 verdeutlicht.

Im Zentrum der Firewall steht ein Application-Filter. Alle Verbindungen werden hier aufgebrochen und protokolliert. Der Application-Filter erlaubt die jeweiligen Befehlssätze und Aktionen der Protokolle mittels Proxies einzuschränken. Alle Dateien werden in den Proxies zwischengespeichert und der Virenprüfung zugeführt. Erst wenn diese befundlos abgeschlossen wurde, wird die Datei weitergeleitet. Die beiden Portfilter schützen den Application-Filter vor Manipulation und Ausspähung.

Um das Admin und Storage-Netzwerk vor Angriffen zu schützen, dürfen die internen Netzwerkadapter der Firewall ausschließlich im

[89] Windows Server Update Services

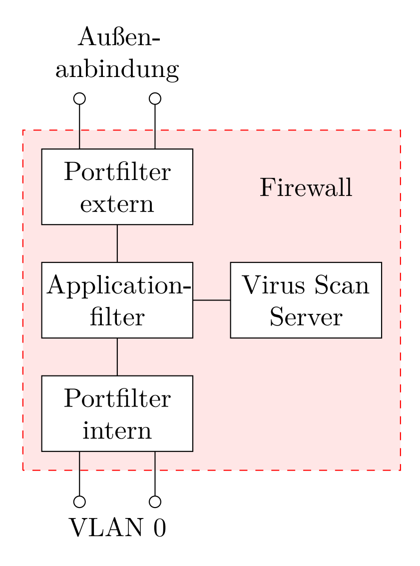


Abbildung 5.20.: Aufbau der Firewall

VLAN 0 kommunizieren. Die Firewall lehnt grundsätzlich alle Verbindungen ab. Ausnahmen sind notwendig, müssen aber explizit konfiguriert werden. Terminal-Verbindungen von außerhalb der Firewall sind aus Sicherheitsgründen unzulässig. Da die Firewall nicht an das Admin-Netzwerk angeschlossen ist, muss die USV-Signalisierung über COM-Ports erfolgen.

Vergleichbare Konfigurationen sind bereits BSI zertifiziert erhältlich [vgl. 60].

5.3.5. Kernserver

Die Kernserver sind das Herzstück des Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung. Abbildung 5.21 zeigt eine Über-

sicht aller Kernserver. Nachfolgend wird die Aufgabenverteilung der Server beschrieben.

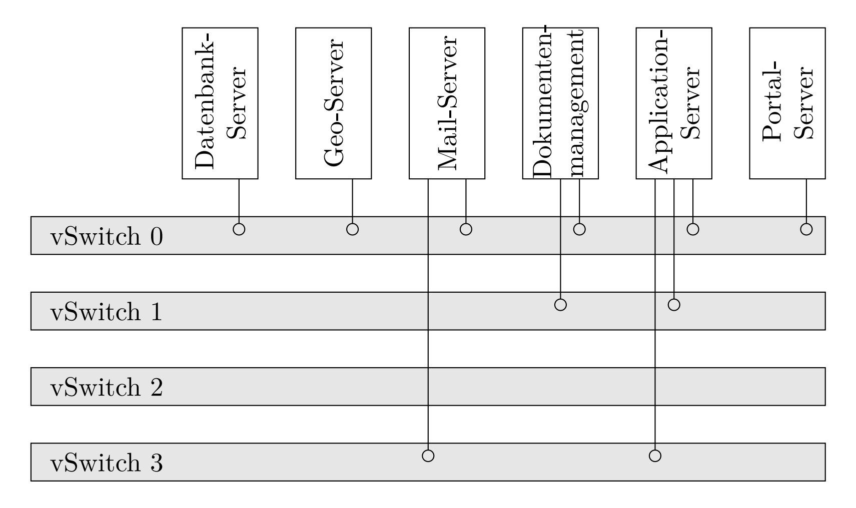


Abbildung 5.21.: Kernserver Übersicht

Der *Datenbank-Server* stellt eine relationale Datenbank mit Spatial, Volltext und XML-Erweiterungen zur Verfügung. Er ist das Kernstück der zentralen Metadatenhaltung.

Der *Mail-Server* implementiert die *Mail- und Kommunikationskomponente*.

Der *Geo-Server* stellt einen Catalog Service (Kapitel 3.3.1), einen Web Feature Service (Kapitel 3.3.1), einen Web Map Service (Kapitel 3.3.1), einen Web Coverage Service (Kapitel 3.3.1), einen Geoparser Service (Kapitel 3.3.3), einen Gazetteer Service (Kapitel 3.3.3) und einen Sensor Observation Service (Kapitel 3.4.4) zur Verfügung. Er implementiert damit die Komponenten *Gazetter Service* und *Common Web Services* und *Sensor Observation Service*.

Der *Application-Server* stellt die Komponenten *Workflowmanagement-Framework*, *Statistik-Framework* und *ATOM Library* zur Verfügung.

Der *Portal-Server* konsumiert die Dienste des Supply Layer und stellt die Portal-Module zur Verfügung.

Der *Dokumentenmanagement-Server* stellt das Dokumentenmanagementsystem zur Verfügung.

5.3.6. Diskussion der Designentscheidungen

Archiv, Firewall, Telefonanlage, NAS und Switches sind die einzigen Komponenten, die direkt als Hardware ausgelegt sind. Sie stellen die Basisdienste für alle weiteren Server bereit. Um die Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, wurden sie jeweils redundant ausgelegt. Diese 5 Komponenten sind in der beschriebenen Form und Konfiguration handelsüblich erhältlich.

Die Sicherheitsanforderungen an das Netzwerk wurde durch die VLAN Konfiguration sichergestellt. Die Netzwerke für die Telefonanlage, die Administration, die Speicherverwaltung und die Service Kommunikation wurden so hardwarenah voneinander getrennt. Die maximale Leistung des Netzwerkes ist dadurch trotz der Einhaltung hoher Sicherheitsstandards gewährleistet.

Alle weiteren Services laufen in einer virtualisierten Umgebung. Die hohen Redundanzforderungen konnten so auf eine deutlich kleiner Zahl von Hardwareservern zurückgeführt werden. Gleichzeitig verleiht diese Art der Konfiguration dem System Eigenschaften, die mit hardwareseitigen Servern nur mit geclusterten Systemen nachempfunden werden können. Netzwerkpakete, die zwischen zwei Diensten ausgetauscht werden, reisen mit Busgeschwindigkeit des ESXi Servers, wenn die virtuellen Maschinen auf dem selben physikalischen Host laufen. Diese liegt sogar deutlich über der Geschwindigkeit des Netzwerkes. Durch geschickte Festlegung von Affinitäten kann bei gleichem Hardwareeinsatz die Leistung des Systems optimiert sogar werden. Das System genügt somit den hohen Sicherheitsanforderungen, mit einer gesteigerten Leistungsfähigkeit und geringeren Kosten.

Für den Betrieb der Infrastruktur wurden ein Verwaltungsserver der virtuellen Infrastruktur, ein Protokoll-Server, zwei Domain-

Controller und ein Update-Server realisiert. Der Verwaltungsserver der virtuellen Umgebung ist logische Konsequenz aus der Designentscheidung eine Virtualisierungstechnologie zu verwenden. Mit dem Protokollserver werden die Systemanforderungen der zentralen Protokollierung realisiert. Die Sicherheitsanforderungen machen das Einspielen regelmäßiger Sicherheitsupdates erforderlich. Für die zentrale Verwaltung dieser Updates ist ein Update-Server notwendig. Dieser könnte auch außerhalb des Gesamtsystems stehen. Er wurde jedoch aus zwei Gründen innerhalb realisiert: Zum einen minimiert der Update-Server die benötigte Bandbreite an der Firewall, da alle Updates nur einmal übertragen werden und diese zentral den anderen Servern zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen erhöht diese Konfiguration die Sicherheit, da der Server unter Kontrolle des Gesamtsystem, beschützt von der Firewall, steht und es ein potentielle Angreifer auf diese Art deutlich schwerer hat. Die Nutzung eines Active Directory stellt zum einen direkt DNS und Verzeichnisdienste bereit. Darüber hinaus liefert es aber weitere sicherheitsrelevante Dienste, wie Protokollierungen, Gruppenrichtlinien, einem Anmeldedienst, einem Zeitdienst und einer zentralen Benutzerverwaltung. Dienste, die nicht direkt im Active Directory integriert sind, können über eine LDAP Schnittstelle mit dem Verzeichnisdienst kommunizieren. Für den ausfallsicheren Betrieb einer Active Directory Domäne sind mindestens zwei Domaincontroller notwendig, die im Normalfall gleichwertig die Aufgaben teilen, bei Ausfall den Betrieb der gesamten Domäne jedoch übernehmen können.

Die Konfiguration der virtuellen Maschinen leitet sich direkt aus einer Gruppierung und verteilen der jeweiligen Komponentendienste auf Servereinheiten ab:

Eine Datenbank hat sehr spezielle Ressourcenanforderungen. Sie benötigt vor allem viel Speicher. Auch das Backup und Recovery funktioniert anders als bei Standardservern. Aus diesem Grund ist sie als eigener Server realisiert.

Die verschienden OGC Dienste werden üblicherweise von der selben Softwareeinheit bereitgestellt. Sie können durchaus CPU und IO-

lastig sein. Aus diesem Grund sind alle OGC Dienste auf einem Geo-Server zusammengepackt.

Mail-Server verhalten sich ähnlich wie Datenbanken. Auch sie benötigen spezielle Backup und Recovery Prozeduren. Darüber hinaus muss der Mail-Server als nahezu einzige Komponente mit der Telefonanlage interagieren. Daher wurde die Maildienste als eigener Server realisiert.

Vergleichbar sind die Gründe für den Dokumentenmanagement-Server. Dieser muss direkt mit dem Archiv kommunizieren können. Damit die Kommunikation getrennt laufen kann und so ein hohes Maß an Netzwerksicherheit erreicht werden kann, ist dieser Server eigenständig.

Portal- und Application-Server sind aus ähnlichen Sicherheitserwägungen voneinander getrennt. Der Portal-Server ist der zentrale Einstiegspunkt für die Benutzerinteraktion und somit der einzige Server, den ein Benutzer direkt ansprechen kann. Die Kommunikation zum Application-Server muss aus Benutzersicht über den Portal-Server laufen.

6. Abschließende Betrachtungen

Dieses Kapitel fasst die gesetzten konzeptuelle Schwerpunkte und Ergebnisse dieser Arbeit zusammen und diskutiert sie im Kontext der eingangs formulierten Zielsetzung (Kapitel 1.1). Ein Ausblick auf künftige Herausforderungen wird gegeben.

6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

In dieser Arbeit wurde eine Systemarchitektur eines Geoinformationsystems spezifiziert. Das Geoinformationssystem unterstützt Lageanalysen und Riskobewertungen durch menschliche Nutzer. Es berücksichtigt die IT-Sicherheitsanforderungen an ein sicheres System. Die verwendeten Konzepte und Lösungen sind einfach und generisch gehalten. Sie sind wohl dokumentiert und lassen sich auf andere Systeme mit gleichen oder ähnlichen Aufgabenspektrum übertragen. Das Design des Systems ermöglicht dem Nutzer die Korrelation vielfältiger Informationen aufgrund ihres Raum- und Zeitbezuges. Zur Beschreibung der Architektur wurde methodisch das 4+1 View Model nach Philippe Kruchten (Kapitel 1.3) gewählt.

6.1.1. Konzeptuelle Schwerpunkte

Die Forderung nach einem modernen System schlugen sich konzeptuell in vier Schwerpunkten nieder:

1. Die Anwendung der Web-2.0-Philosophie.

2. Die Verwendung von Spatio-Temporal GIS-Paradigmen.

3. Die Realisierung konfigurierbarer Informationsbeziehungen.

4. Die Einbindung von Sensoren und Sensor-Netzwerken.

Die Web-2.0-Philosophie hat ihre Anwendung in der Verwendung von Web-Standards (LDAP, Syslog, SMTP, RSS, GeoRSS) und Services (WMS, WCS, CSW, WFS, WGS, OGS, SOS) gefunden. Die Oberfläche ist als Web-Portal realisiert.

Die Implementierung von temporalen Operationen (equal, before, after, meets, starts, finishes, during, overlaps) und die Anwendung der Simple Feature Specification für die Featuredaten-Repräsentation im Datenmodell sind die Auswirkung der Verwendung von spatio-temporalen GIS-Paradigmen. In Anlehnung an die Definition von Zeitpfaden durch Hägerstrand, wurde die Zeit im Datenmodell durch eine Weiterentwicklung des Snapshotmodells abgebildet.

Die Informationsbeziehungen wurden im Datenmodell durch die Verwendung des TIE Modells implementiert. Dieses erlaubt die Konfiguration beliebiger Beziehungen zwischen Entitäten zur Laufzeit.

Die Kommunikation mit Sensoren und Sensornetzwerken wurde mittels der beiden OGC Dienste Sensor Observation Service und Web-Catalog Service realisiert. Sie erlauben es beliebige Sensoren und Sensorsysteme anzubinden. Des Weiteren wurde ein Framework zur automatisierten Verarbeitung und Aufbereitung von Nachrichten auf der Basis von RSS spezifiziert. Dieses erlaubt das Einbringen von Nachrichten aus Agenturen in gleicher Weise wie aus User-Generated-Content (z.B. Blogs).

6.1.2. Ergebnisse der Arbeit

In dieser Arbeit wurden Ergebnisse auf vier Gebieten erzielt:

1. Bestandsaufnahme und Stärken-Schwäche-Analyse von im Einsatz befindlicher Geoinformationssystemen.

2. Kontextbezogene Identifikation und Vorstellung moderner, web-2.0-basierter Technologien für das Einsatzspektrum.

3. Identifikation und Formulierung von Systemanforderungen für ein Geoinformationssystem zur Lageanalyse und Risikobewertung.
4. Design einer Architektur unter Berücksichtigung der aufgestellten Systemanforderungen.

Bestandsaufnahme gegenwärtiger Systeme

Zur Ermittlung der Systemanforderungen wurde eine Bestandsaufnahme im Einsatz befindlicher Geoinformationssysteme durchgeführt. Es wurden exemplarisch Systeme des Hochwasserschutzes (Fliwas), Krisenmanagementsysteme des Bundes (DeNIS II Plus), Krisenmanagement der Länder (IG NRW), der Rettungsdienste (Einsatzleitzentrale Siegburg), der Polizeibehörden (PolGIS), ein Open-Source-Krisenmanagementsystem für NGOs[90] und ein System der UN dargestellt. Die Systeme wurden jeweils einer Stärken- und Schwächen-Analyse unterzogen. Die Ergebnisse der Analyse bildeten die Grundlage für die Identifikation der Systemanforderungen ein.

Die untersuchten Beispielsysteme zeichnen eine heterogene Systemlandschaft. Die jeweiligen Systeme wurden im Kontext einer konkreten Problemstellung (Hochwasserschutz, Katastrophenschutz, Rettungsdienst, ...) entwickelt. Zuständig für die Entwicklung sind verschiedene Behörden auf Stadt-, Kreis-, Landes- und Bundesebene. Auch die Einsatzart der Systeme ist verschieden. So lässt sich zum Beispiel der Einsatzleitrechner des Rettungsdienstes dem taktischen Umfeld, Fliwas des Hochwasserschutzes in Köln der operativen Planung und DeNIS einem strategischen Umfeld zuordnen.

Dennoch unterstützen die verschiedenen Systeme querschnittlich ähnliche Aufgaben. Diese Komponenten wurden Identifiziert und in den Systemanforderungen festgehalten.

Technologien

Die Zusammenstellung der Architektur beruht durchweg auf bewährten und modernen Internet-Technologien. In Hinblick auf die

[90] Non Goverment Organisation

Systemanforderungen war dazu ein breites Spektrum an Technologien notwendig:

Es wurden grundlegenden Technologien für die Kommunikation mit Verzeichnisdiensten (LDAP), EMail-Kommunikation (SMTP) und Protokollierung (SYSLOG) diskutiert.

GIS-bezogene Systemanforderungen wurden mit OGC-Geodiensten abgedeckt. So wurden Dienste für die Darstellung von Karten und kartenähnlichen Inhalten (WMS), Metadaten Kataloge für Geodienste und Geodaten (CSW), Recherche und Manipulation von Geodaten (WFS), Bildanalyse (WCS), Ortsnamen Datenbanken (WGS) und Verortung (Geoparser) identifiziert.

Im Bereich der Nachrichten und Sensor Netzwerke wurden Technologien für den Transport von Nachrichten (RSS, ATOM), die Geokodierung von Nachrichten (GeoRSS) sowie die Verarbeitung von Sensormeldungen (SOS) beschrieben.

Schließlich wurden Strategien und Technologien für die Modellierung von Informationsbeziehungen diskutiert. Hier sind für die Datenmodellierung konfigurierbarer $m : n$ Beziehungen zwischen beliebigen Entitäten das TIE-Konzept und auf dem Gebiet der Zeit- und Raumbezogenen-Analyse die Paradigmen des spatio-temporalen GIS zu nennen.

Systemanforderungen

Die Ergebnisse der Stärken- und Schwäche Analyse in der Bestandsaufnahme sowie die Ergebnisse der Technologie Diskussion flossen als abgeleitete Anforderungen in die Systemanforderungen ein. Darüber hinaus wurden Sicherheitsanforderungen und konzeptuelle Anforderungen analysiert und in die Systemanforderungen aufgenommen.

Die abgeleiteten Anforderungen alleine decken bereits ein breites Spektrum an Anforderungen ab. So wurden Anforderungen für die Lagebearbeitung, Ressourcenverwaltung und Nachrichtenverarbeitung analysiert. Weiterhin wurden die räumliche Grenzen und Echtzeitanforderungen diskutiert. Es wurden Import- und Exportschnittstellen, GIS-Komponenten und Workflow-Anforderungen aufgestellt.

Das Erreichen eines hohen Sicherheitsstandard ist bereits in der Zielsetzung der Arbeit verankert. Ausgehend vom IT-Sicherheitsbegriff wurde daher qualitative Systemanforderungen für ein sicheres System abgeleitet. Diese wurden um technische Anforderungen, die ebenfalls der Sicherheit galten, ergänzt. Schließlich wurden die Systemanforderungen im Bereich der Sicherheit durch Anforderungen nach Versionierung und Archivierung vervollständigt.

Abschließend wurden die konzeptuelle Anforderungen im Kontext der Systemanforderungen diskutiert und in den Anforderungen aufgenommen. Die konzeptuellen Schwerpunkte wurden bereits im Kapitel 6.1.1 vorweg erläutert. Ein vollständiger Katalog aller Systemanforderungen ist im Anhang B abgedruckt.

Architektur

Die Systemanforderungen bilden die Basis der Architektur. Jede Komponente und jedes Modell begründet seine Existenz ausschließlich in einer Systemanforderung, in der es entweder explizit erwähnt oder aus der es sich zumindest ableiten lässt. Alle Systemanforderungen des Kataloges (Anhang B) sind durch Teilkomponenten der Architektur implementiert worden. Die Architektur wurde im Top-Down-Ansatz spezifiziert. Dazu wurde zunächst ein Komponentenmodell aufgestellt. Es besteht aus drei aufeinander aufbauenden Schichten (Data Layer, Service Layer und Portal-Module) sowie einer dazu orthogonal angeordneten Schicht (Security Layer) in dem querschnittliche Sicherheitsaufgaben wahrgenommen werden. Besonders herauszuheben sind in diesem Kontext zum einen das Lage und das Geo- und Zeitanalyse-Modul, in denen die Aufgaben der Lageanalyse wahrgenommen werden können, sowie zum anderen das Statistik-Modul, das mit den anderen Modulen interagiert und die notwendigen Statistiken für die Risikobewertung liefert. Die übrigen Module decken den Aufgabenbereich der Grundfunktionalitäten ab.

Neben der Komponenten-Modell wurde ein Modell der Entitäten mit ihren Informationsbeziehungen aufgestellt. Identifiziert Ressource, Ereignis, Referenz und Lage als Haupt-Entitäten. Als Beziehungsty-

pen wurden explizite Verknüpfungen sowie Abhängigkeiten aufgrund von Raum- und Zeitbezug identifiziert.

Im Datenmodell wurden die identifizierten Entitäten und ihre Beziehungen modelliert. Die Zeitabhängigkeit wurde durch eine Weiterentwicklung des Snapshot-Modells, der Raumbezug durch Geometrieobjekte und die expliziten Beziehungen durch Anwendung des TIE-Konzepts modelliert.

Die dynamischen Abhängigkeiten und die Kommunikation der Komponenten untereinander sowie die Kommunikation der Komponenten mit der Außenwelt wurden beschrieben. Ein Backupkonzept wurde erstellt.

In einem letzten Schritt wurde die Komponenten auf physikalische Geräte abgebildet. Ein Großteil der Redundanz und Ausfallsicherheitsanforderungen wurde durch die Virtualisierung der physikalischen Serverlandschaft realisiert. Je nach Wahl des konkreten Servers konnte so die notwendige Anzahl an physikalischen Servern von 24 Server[91] auf im Extremfall 2 – im Normalfall 4 bis 6 Server – reduziert werden. Als "echte" physikalische Komponenten wurden ein NAS, Archiv, Telefonanlage, Firewall, Netzwerkswitche und ESXi Server realisiert. Diese wurden hardwareseitig redundant ausgelegt. Dem Desaster-Recovery-Szenario wurde durch Online-Replikation der NAS und Archiv-Bereiche an einen anderen Standort Rechnung getragen.

6.1.3. Erzielte Vorteile

Die entworfene Architektur implementiert erfolgreich einerseits alle Ergebnisse der Analyse der verschiedenen Beispielsysteme, andererseits geht es aber in ihrer Leistungsfähigkeit und im funktionalen Umfang deutlich über diese hinaus. Alle Aufgaben, die in den untersuchten Beispielsystemen untersucht wurden, können auch in dem in dieser Arbeit beschriebenen System wahrgenommen werden. Darüber hinaus ist die beschriebene Architektur nicht auf eine spezielle

[91] 12 spezifizierte Server redundant ausgelegt, also $12 \cdot 2 = 24$ Server

Einsatzart, Problemstellung oder beteiligte Person beschränkt. Vielmehr stellt sie eine generische Lösung bereit, in der funktional jede Lageanalyse und Risikobewertung durchgeführt und das Ergebnis der Analyse in Produktform dem Bedarfsträger zeitgerecht und online geliefert werden kann.

Mit der beschriebenen Architektur ist es gelungen die Fähigkeiten der heterogenen Systemlandschaft zu erfassen und optimiert in ein generisches System zu übertragen. Mit großen Erfolg wurden die Nutzer des in der Architektur beschriebenen Systems befähigt, Lageanalysen und Risikobewertungen durchzuführen.

Alle Komponenten des entworfenen Systems sind voll redundant ausgelegt. Das System ist durch den Einsatz von Virtualisierungstechnologien kompakt und leicht skalierbar. Es berücksichtigt alle IT-Sicherheitsanforderungen eines modernen Systems und stellt eine sichere Schnittstelle in umgebende Systeme bereit.

Weiterhin bietet die entwickelte Architektur auf der Basis von existierenden Internettechnologien und der Anwendung aktueller Techniken alle notwendigen Funktionalitäten für die zeitgetriebene Analyse von Ereignissen im geographischen Raum. Dieser Ansatz, der korrelierten Betrachtung von Zeit und Raum, ist von außerordentlicher Bedeutung und maßgeblich für das entworfene System. Dabei werden sowohl die Analyse von expliziten und impliziten Verknüpfungen als auch das Ergebnis der Analyse die Festlegung von typisierten neuen Verbindungen unterstützt.

Die Lösung verschafft dem Analysten als Ausgangspunkt seiner Recherchen und Analysen einen einfachen Zugang zu benötigten Basisinformationen. Es erlaubt ihm neue Erkenntnisse strukturiert zu erfassen und mit den bereits erfassten zu korrelieren. Die Einbindung von Sensoren und automatisierte Aufbereitung von Nachrichtenmeldungen bietet dem Analysten die benötige Ausgangsbasis, sich ein umfassendes Bild der Ereignisse und Ereignisabfolgen sowie deren kausalen Zusammenhängen zu verschaffen.

Der Web-2.0 Nutzungsphilosophie folgend stehen die benutzerdefinierten Inhalte im Mittelpunkt des Systems. Der Benutzer des entworfenen Systems wird in der Lage versetzt, aus den Zusam-

menhängen der Ereignissen der Vergangenheit zu lernen sowie die Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen zu prognostizieren. Dem Entscheidungsträger wird durch die fundierten Analyseergebnisse ermöglicht, Einsatzkräfte und -mittel zielgerichtet und mit optimierter Wirkung einzusetzen.

6.2. Ausblick

Gemessen am Umfang bestehender Systeme steht die Entwicklung der Geoinformationssysteme mit Krisenmanagementaufgaben noch am Anfang. Naturkatastrophen wie Hochwasser, Erdbeben und Tsunamis aber auch politisch motivierte Demonstrationen und Ausschreitungen bestimmen das Weltbild mehr denn je. Durch sie gibt es den politischen Konsens die Geoinformationssysteme zu großen überregionalen Systemen zu entwickeln.

Die moderne Internet-Technologie zeigt sich wegweisend. Sie kennt keine geographischen Grenzen. Google Maps demonstriert eindrucksvoll, dass man die gesamte Erdoberfläche mit einigen wenigen Mausklicks "bereisen" kann.

Moderne Sensoren liefern eine unglaubliche Datenbasis: LIDAR[92] Sensoren liefern Daten bis zu Auflösungen im Zentimeterbereich. Höhen und 3D Modelle lassen sich automatisch ableiten – sogar Wellengänge im Meer bestimmen. Optische-, Multispektral- und Hyperspektal-Sensoren bilden die Erdoberfläche in Auflösungsbereich eines Dezimeters ab. Bodenbeschaffenheit, Vegetationswuchs und Wärmesignaturen können automatisiert gewonnen werden. Überwachungskameras liefern rund um die Uhr bewegte live Bilder[93]. Die Herausforderung besteht in der Katalogisierung, Aufbereitung und Korrelation dieser dezentral auflaufenden Massendaten.

[92] Light Detection And Ranging ist eine dem Radar (Radiowave Detection And Ranging) ähnliche Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sowie zur Fernmessung atmosphärischer Parameter. Statt Funkwellen Laserstrahlen verwendet.

[93] live motion imagery

Solche Sensoren können durch Drohnen getragen werden – zu Land, zu Wasser und in der Luft. Aus Katastrophen und Krisenregionen können so gezielt extrem detaillierte Zusatzinformationen gewonnen werden, ohne eine Gefährdung von Menschen einzugehen. Die Kunst ist es, neben den technisch offensichtlichen Voraussetzungen, die Beauftragungs-, Korrelation- und Analysefähigkeiten und -kapazitäten zu schaffen, die für eine Integration dieser Sensorik notwendig sind.

Smartphones und Tablet PCs zusammen mit *Location based Services*[94] weisen den Weg für zukünftige Benutzerschnittstellen. Einsatzkräfte, deren Postion über GPS zu jedem Zeitpunkt genau bekannt sind. Entscheidungsträger, die nicht mehr in einem Stab zusammensitzen müssen, sondern, sondern näher an die Einsatzkräfte heranrücken können. Die direkte, unverzügliche und hoch mobile Aufzeichnung von Informationen durch die Quelle selber bedeuten mehr Einzelinformationen, die schneller und häufiger auflaufen und gleichzeitig präziser und schneller sind. Beispielsweise wurden bisher Dammbrüche oder Hochwasserlinien telefonisch gemeldet und durch einen Bearbeiter im Krisenstab in der Karte verzeichnet. Zukünftig könnte der Meldende sein mobiles Gerät[95] zur Hand nehmen, die Karte aufrufen, den Dammbruch in der Karte freihand annotieren, mit einigen 3D-Photos oder einem kurzen Video dokumentieren und anschließend dem System übermitteln.

Die Verwendung riesiger Stückzahlen mobiler Sensoren ist eine der großen Erfolgsgeschichten der jüngeren Vergangenheit. Die aktuellen Auto-Navigationssysteme schicken beständig Positionsmeldungen an einen Zentralrechner, dieser kann daraus Staus und zähfließenden Verkehr metergenau bestimmen und vorhersagen. Sensornetze basierend auf hunderten von Sensoren messen Erdbeben und Wellengänge und können so Tsunamis vorhersagen. Die Beantwortung der Frage, ob für ein Einsatzfahrzeug eine Brücke befahrbar ist oder eben nicht,

[94] Standortbezogene Dienste sind mobile Dienste, die unter Zuhilfenahme von positionsabhängigen Daten dem Endbenutzer selektive Informationen bereitstellen oder Dienste anderer Art erbringen.

[95] mobile device

könnte so im Voraus beantwortet und wertvolle Zeit gespart werden, die Leben retten kann.

People as Sensors ist das aktuelle Schlagwort gegenwärtiger Forschung. 6 Milliarden hoch intelligente Sensoren bieten ein riesiges Einsatzspektrum, aber auch eine Datendichte, die erst einmal beherrscht werden will. Projekte wie Wikimapia, Openstreetmaps und Twitter sind wegweisend für zukünftige Entwicklungen. Die Herausforderung wird in der Aufbereitung, Korrelation und Filterung dieser Daten bestehen.

Die in dieser Arbeit geschaffene Architektur bietet die Grundlagen für die Verarbeitung verteilter Sensorinformationen, für die Nutzung der Applikation auf mobilen Geräten und für die raum- und zeitbezogene Analyse solcher Daten. Die Architektur des Geoinformationssystem zu Lageanalyse und Risikobewertung schafft die Mechanismen, die zukünftige Entwicklungen erst erlauben und stellt so einen wesentlichen Schritt in Richtung eines umfassenden, verteilten, mobilen, effektiven, schnellen und sicheren Geoinformationssystem für die Lageanalyse und Risikobewertung dar.

Alle in der Zielsetzung eingangs definierten Ziele konnten mit großem Erfolg in der Systemarchitektur des Geoinformationssystems zur Lageanalyse und Risikobewertung umgesetzt werden. Es ist gelungen ein Referenzsystem zu schaffen, anhand dessen die bestehenden Systeme gemessen und zukünftig weiterentwickelt werden können.

Literatur

[1] W. Aalst und K. M. Hee. *Workflow management: models, methods, and systems*. MIT Press, 2004. ISBN: 9780262720465. URL: http://books.google.de/books?id=O1xW1_Za-I0C (siehe S. 129).

[2] Steve Adolph und Paul Bramble. *Patterns for effective use cases*. The agile software development series. Boston, Mass: Addison-Wesley, 2003. ISBN: 0201721848 (siehe S. 51).

[3] K. Albrecht. *Dokumentenmanagement- als Teil des Wissensmanagements*. GRIN Verlag GmbH, 2007. ISBN: 9783638639576. URL: http://books.google.de/books?id=n4ZfCpu-h5AC (siehe S. 124).

[4] James F. Allen. *Maintaining knowledge about temporal intervals*. Bd. 86. /Technical report / Department of Computer Science, University of Rochester. Rochester, NY: Dep. of Computer Science Univ. of Rochester, 1983 (siehe S. 107).

[5] A. Alvestrand. *Tags for the Itentifications of Languages: RFC 1766*. Hrsg. von IETF. 1995. URL: http://www.ietf.org/rfc/rfc1766.txt (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 92).

[6] H. Alvestrand. *A Mission Statement for the IETF: RFC 3935*. Hrsg. von IETF. 2004. URL: https://tools.ietf.org/html/rfc3935 (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 65).

[7] Rob Atinson. „Gazetteer Service Draft Candidate Implementation Specification 9.84: OpenGIS Consortium Discussion Papter 01-036“. In: (2001) (siehe S. 88).

[8] Frank Bagdahn. *Agile Mission Oriented Networking: Ein gemeinsames Lagebild als Kernelement der NetEinsFü im Rahmen der Strategie der vernetzten Sicherheit.* Hrsg. von HP Business Services HP Business ServicesEDS Operations Services. 13.10.2009. (Besucht am 24. 10. 2010) (siehe S. 117).

[9] S. Banbury und S. Tremblay. *A Cognitive approach to situation awareness: theory and application.* Ashgate Pub, 2004. ISBN: 9780754641988. URL: http://books.google.de/books?id=l58LtaOkV7gC (siehe S. 11).

[10] T. Barners-Lee. *Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax: RFC 3986.* Hrsg. von IETF. 2005. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc3986 (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 94, 95).

[11] Peter Baumann. „OGC® WCS 2.0 Interface Standard - Core: OpenGIS Interface Standard“. In: (2010). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 86).

[12] Thomas Bayer. *REST Web Services - Einführung u. Vergleich mit SOAP.* Hrsg. von Orientation in Objects GmbH. 2002 (siehe S. 78).

[13] B. Bhatta. *Remote sensing and GIS.* New Delhi: Oxford University Press, 2008. ISBN: 0-19-569239-X.

[14] David Booth u. a. *Web Services Architecture.* Hrsg. von W3C. 2004. URL: http://www.w3.org/TR/ws-arch/ (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 75–77, 80).

[15] Mike Botts und Mark Reichardt. „Sensor Web Enablement: An OGC White Paper“. In: 2005 (6.07.2005) (siehe S. 87, 96, 99).

[16] Mike Botts u. a. „OGC Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architektur: OpenGIS White Paper“. In: (2007). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 87, 99).

[17] Emil Brauchlin und Robert Heene. *Problemlösungs- und Entscheidungsmethodik: Eine Einführung.* 4., vollst. überarb. Bd. 1738.

Uni-Taschenbücher. Bern: Haupt, 1995. ISBN: 3258047553 (siehe S. 23).

[18] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. „BSI-Standard 100-1: Managementsysteme für Informationssicherheit (ISMS): Version 1.5“. In: (2008) (siehe S. 131).

[19] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. „BSI-Standard 100-3: Risikoanalyse auf Basis von IT-Grundschutz: Version 2.5“. In: (2008) (siehe S. 131).

[20] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. „BSI-Standart 100-2: IT-Grundschutz-Vorgehensweise: Version 2.0“. In: (2008) (siehe S. 131).

[21] Bundesministerium der Finanzen. „Grundsätze ordnungsgemäßer DV-gestützter Buchführungssysteme (GoBS)“. In: (1995) (siehe S. 136).

[22] Bundesministerium der Justiz. „Abgabenordnung“. In: (2002) (siehe S. 136).

[23] Bundesministerium der Justiz. „Handelsgesetzbuch“. In: (2010) (siehe S. 136).

[24] Herbert Burbiel. *SOA & Webservices in der Praxis: [Service Oriented Architecture mit XML, SOAP, .NET, Java & Co.]* Franzis Professional Series. Poing: Franzis, 2007. ISBN: 9783772376276 (siehe S. 76, 79).

[25] Rita de Caluwe. *Spatio temporal databases: Flexible querying and reasoning.* Berlin [u.a.]: Springer, 2004. ISBN: 3-540-22214-6. URL: http://www.gbv.de/du/services/toc/bs/390316458/http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0813/2004106677-d.html/http://www.zentralblatt-math.org/zmath/en/search/?an=1061.68044.

[26] George Christakos, Patrick Bogaert und Marc Serre. *Temporal GIS: Advanced functions for field-based applications ; with 23 tables.* Berlin u.a.: Springer, 2001 /// 2002. ISBN: 3-540-41476-2. URL: http://www.loc.gov/catdir/toc/fy022/200104964

9.html/http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0816/2001049649-d.html/http://www.zentralblatt-math.org/zmath/en/search/?an=0994.62105.

[27] Erik Christensen u. a. *Web Service Definition Language (WSDL)*. Hrsg. von W3C. 2001. URL: http://www.w3.org/TR/wsdl (besucht am 03. 02. 2011) (siehe S. 80).

[28] A. Cliff, A. Pred und T. Haegerstrand. „Innovation diffusion as a spatial process“. In: *Progress in human geography* (1992).

[29] Bernhard Corr. *Artikel deNIS II plus: deNIS IIplus*. Hrsg. von Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. 2006 (siehe S. 30).

[30] Simon Cox. „Observations and Measurements: Part 1 - Observation schema“. In: (2007). (Besucht am 09. 01. 2011).

[31] D. Crocker und P. Overell. *Augmented BNF for Syntax Specifications: ABNF: RFC 5234*. Hrsg. von IETF. 2008. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc5234 (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 70).

[32] C. J. Date, H. Darwen und N. A. Lorentzos. *Temporal data and the relational model: a detailed investigation into the application of interval and relation theory to the problem of temporal database management*. Morgan Kaufmann Publishers, 2003. ISBN: 9781558608559. URL: http://books.google.de/books?id=grTubz0fjSEC.

[33] Digital Equipment Corporation. *Information Technology - Database Language SQL: Second Informal Review Draft) ISO/IEC 9075:1992*. 1992. URL: http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~shadow/sql/sql1992.txt (besucht am 05. 03. 2011) (siehe S. 110).

[34] Dürer. *Vorgehen bei der SWOT-Analyse*. Hrsg. von Hochschule Magdeburg. 2005 (siehe S. 22, 23).

[35] Claudia Eckert. *IT-Sicherheit: Konzepte - Verfahren - Protokolle*. München, 2009. URL: http://dx.doi.org/10.1524/9783486595970 (siehe S. 131).

[36] Max J. Egenhofer. *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. New York NY [u.a.]: Oxford Univ. Press., 1998. ISBN: 0-19-510342-4.

[37] Mica Endsley. „Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems“. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 37.1 (1995), S. 65–84 (siehe S. 17).

[38] Mica Endsley. „Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems“. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 37.1 (1995), S. 32–64.

[39] Mica R. Endsley und Daniel J. Garland. *Situation awareness analysis and measurement*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000. ISBN: 0-8058-2133-3. URL: http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0634/99057237-d.html.

[40] Jens Fitzke und Rob Atinson. „Gazetteer Service - Application Profile of the Web Feature Service Implementation Specification: OGC Best Practices Document“. In: (2006) (siehe S. 88).

[41] G. L. Foresti, C. S. Regazzoni und P. K. Varshney. *Multisensor surveillance systems: the fusion perspective*. Kluwer Academic, 2003. ISBN: 9781402074929. URL: http://books.google.de/books?id=Zvw5uPbyrh0C (siehe S. 123).

[42] N. Freed und N. Borenstein. *Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part Five: Conformance Criteria and Examples: RFC 2049*. Hrsg. von IETF. 1996. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc2049 (besucht am 31. 01. 2011) (siehe S. 74).

[43] N. Freed und N. Borenstein. *Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part One: Format of Internet Message Bodies: RFC 2045*. Hrsg. von IETF. 1996. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc2045 (besucht am 31. 01. 2011) (siehe S. 74).

[44] GeoRSS Comunity. *GeoRSS Projektseite*. 2.10.2010. URL: http://www.georss.org/Main_Page (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 96, 99).

[45] R. Gerhards. *The Syslog Protocol: RFC 5424*. Hrsg. von IETF. 2009. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc5424 (besucht am 01. 02. 2011) (siehe S. 69).

[46] Michael F. Goodchild. „Citizen as Sensors: The World if volunteered Geography“. In: *Geo Jornal* 69 (2007), S. 211–221 (siehe S. 139, 140).

[47] J. Gregorio. *The Atom Publishing Protocol: RFC 5023*. Hrsg. von IETF. 2007. URL: http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5023.txt (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 90, 94).

[48] P. Gregory. *CISSP Guide to Security Essentials*. Course Technology, 2009. ISBN: 9781435428195. URL: http://books.google.de/books?id=IRp-mgJVy40C (siehe S. 131).

[49] P. K. Gupta. „Disaster Management for Nandira Watershed District Angul (Orissa) India, Using Temporal Remote Sensing Data and Gis“. In: *Environmental monitoring and assessment* (2005), Vol. 104, No. 1–3 (2005),425–436.

[50] Hugo Haas und Allen Brown. *Web Services Glossary*. Hrsg. von W3C. 2004. URL: http://www.w3.org/TR/ws-gloss/ (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 76).

[51] Torsten Hägerstrand. *Innovation diffusion as a spatial process*. Chicago: University of Chicago Press, 1967 (siehe S. 104).

[52] Jacqueline Haspil. *United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response: Resolution adopted by the General Assembly*. Hrsg. von United Nations. 2006. URL: http://www.unoosa.org/oosa/SpaceLaw/gares/index.html#ARES_61_110 (besucht am 22. 11. 2009).

[53] K. Helming, M. Pérez-Soba und P. Tabbush. *Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes*. Springer, 2008. ISBN:

9783540786474. URL: http://books.google.de/books?id=5e6NtO5PAMgC (siehe S. 144).

[54] Luc Heres u. a. *Time in GIS: Issues in spatio-temporal modelling*. Bd. 47. Publications on geodesy. Delft: NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie, 2000. ISBN: 90-6132-269-3 (siehe S. 102, 104).

[55] Hochwasserschutzzentrale Köln. *Projektbeschreibung Interreg IIIB-Projekt NOAH*. Hrsg. von Hochwasserschutzzentrale Köln. 2004. URL: http://www.noah-interreg.net (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 24).

[56] E. Hull, K. Jackson und J. Dick. *Requirements engineering*. Springer, 2005. ISBN: 9781852338794. URL: http://books.google.de/books?id=e7ZhVD3JejAC (siehe S. 227).

[57] T. Hutzschenreuter. *Krisenmanagement: Grundlagen, Strategien, Instrumente*. Gabler, 2006. ISBN: 9783409034166. URL: http://books.google.de/books?id=yZq3hmVh7fIC (siehe S. 22).

[58] IEEE, Hrsg. *IEEE Autotestcon, 2007: 17 - 20 Sept. 2007, Baltimore Inner Harbor ; Systems Readiness Technology Conference ; proceedings ; transforming maintenance: closing the loop between ATE and integrated diagnostics*. Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 2007. ISBN: 1424412390. URL: http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=4374189.

[59] IETF. *Internet Engineering Task Force Webseite*. Hrsg. von IETF. 2011. URL: http://www.ietf.org (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 65).

[60] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnologie. *Neue Zertifikate 23. Mai 2011*. 2011. URL: https://www.bsi.bund.de/ContentBSI/Themen/ZertifizierungundAnerkennung/ZertifierungnachCCundITSEC/AktuellzuProduktzertifizierung/aktuellzertifikat.html (besucht am 27. 05. 2011) (siehe S. 185).

[61] J. A. Jacko. *Human-computer Interaction: Interaction design and usability*. Springer, 2007. ISBN: 9783540731047. URL: http://books.google.de/books?id=TwFMO1LjF04C (siehe S. 128, 130).

[62] Clemens Jacobs und Corina Kaiser. „FLIWAS Manual". In: (2010).

[63] Simon Jirka, Arne Bröring und Christopher Stasch. „Applying OGC Sensor Web Enablement to Risk Monitoring and Disaster Management". In: (2009). (Besucht am 17. 01. 2011).

[64] R. Joshi und A. C. Sanderson. *Multisensor fusion: a minimal representation framework*. World Scientific, 1999. ISBN: 9789810238803. URL: http://books.google.de/books?id=Fi5T32atjp8C (siehe S. 123).

[65] Alfons Kemper und André Eickler. *Datenbanksysteme: Eine Einführung*. 6., aktualisierte und erw. München: Oldenbourg, 2006. ISBN: 9783486576900. URL: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?id=2785967&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm (siehe S. 99, 100).

[66] Christian Kiehle, Carl Jan Keuck und Klaus Greve. „Integration von Geodateninfrastruktur-Komponenten in Grid-Computing-Umgebungen". In: (2008) (siehe S. 81).

[67] S. Kim. „A Unified Visualization Framework for Spatial and Temporal Analysis in 4D GIS". In: *IGARSS* (2003), Vol. 6 (2003),VI 3715 –3717.

[68] J. Klensin. *Simple Mail Transfer Protocol: RFC 5321*. Hrsg. von IETF. 2008 (siehe S. 73, 74).

[69] Eric Knorr. *2004: The Year of Web Services CIO.com*. Hrsg. von Fast-Forward 2010 – The Fate of IT. 2003-12-15. URL: http://www.cio.com/article/32050/2004_The_Year_of_Web_Services?page=1&taxonomyId=3044 (besucht am 05. 12. 2010) (siehe S. 138).

[70] H. Kopetz. *Real-time systems: design principles for distributed embedded applications*. Kluwer Academic Publishers, 1997. ISBN: 9780792398943. URL: http://books.google.de/books?id=iW-2H8nw-4sC (siehe S. 121).

[71] C. Kottman. „The OpenGIS Abstract Specification: Topic 13: Catalog Services". In: (1999). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 86).

[72] C. Kottman. „The OpenGIS Specification Model: Topic 15: Image Explitation Services". In: (1999). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 86).

[73] C. Kramer. *Zeit für Mobilität: räumliche Disparitäten der individuellen Zeitverwendung für Mobilität in Deutschland*. Franz Steiner Verlag, 2005. ISBN: 9783515086301. URL: http://books.google.de/books?id=0Ih1AHwvW80C.

[74] Daniel Krämer. *Anbindung von GIS an militärische Führungsinformationssysteme*. Bonn, 2009. (Besucht am 31. 08. 2009) (siehe S. 117).

[75] P. Kruchten. „The 4+1 View Model of architecture". In: *IEEE Software* 12.6 (1995), S. 42–50 (siehe S. 12, 13, 18).

[76] Stefan Küpper. *Seminar GIS & Internet in München - IG NRW: IG NRW - Informationssystem Gefahrenabwehr*. Hrsg. von LD NRW. 2007. (Besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 33).

[77] Melinda Laituri und Kris Kodrich. „On Line Disaster Response Community: People as Sensors of High Magnitude Disasters Using Internet GIS". In: *Sensors* 8.5 (2008), S. 3037–3055 (siehe S. 22, 139).

[78] N. Lange. *Geoinformatik in Theorie und Praxis*. Springer, 2005. ISBN: 9783540282914. URL: http://books.google.de/books?id=HB5a8H4Sm3oC.

[79] Gail Langran und Nicholas R. Chrisman. „A Framework for temporal Geographic information". In: *Cartographica* 25.3 (1988), S. 1–14. URL: http://utpjournals.metapress.com/co

ntent/k877727322385q6v/?p=4a46e2775d6341baa5af1832d6ace0c8&pi=0 (besucht am 12. 06. 2009) (siehe S. 106).

[80] Jeff Lansing. „Geocoding and Gazetteer Service Specification: OGC-01-035“. In: (2001) (siehe S. 89).

[81] Patrick Laube. *Analysing point motion: Spatio-temporal data mining of geospatial lifelines.* Zürich, 2005.

[82] Jong-Yun Lee. „Integrating Spatial and temporal Relationship Operators into SQL3 for Historical Data Management“. In: *ETRI Journal* 2002.24 (2002). (Besucht am 21. 01. 2011).

[83] S. Lee, H. Ko und H. Hahn. *Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems: An Edition of the Selected Papers from the IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems 2008.* Springer, 2009. ISBN: 9783540898580. URL: http://books.google.de/books?id=JxFDXnTEx1UC (siehe S. 123).

[84] Gary R. Lock und Trevor M. Harris. *Multi-dimensional GIS: exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy.* 1996.

[85] C. McLachlan. *Wettbewerbsorientierte Gestaltung von Informationsasymmetrien: Eine informationsökonomisch fundierte Analyse des anbieterseitigen Informationsverhaltens.* Books on Demand GmbH, 2004. ISBN: 9783833411496. URL: http://books.google.de/books?id=FjoUo9q8d3wC (siehe S. 125).

[86] Microsoft. *Portanforderungen für Active Directory und die Active Directory-Domänendienste.* Hrsg. von Microsoft. 20.03.2011. URL: http://technet.microsoft.com/de-de/library/dd772723(WS.10).aspx (besucht am 20. 03. 2011) (siehe S. 172).

[87] Microsoft. *XCON: X. 400-im Vergleich zu Simple Mail Transfer Protocol.* Hrsg. von Microsoft. 2007. URL: http://support.microsoft.com/kb/273962 (besucht am 01. 04. 2011) (siehe S. 75).

[88] P. Mockapetreis. *Domain names - concepts and facilities: RFC 1034*. Hrsg. von IETF. 1987. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc1034 (besucht am 31. 01. 2011).

[89] P. Mockapetreis. *Domain names - implementation and specification: RFC 1035*. Hrsg. von IETF. 1987. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc1035 (besucht am 31. 01. 2011).

[90] Christopher Münkewarf. *Functionality of deNIS IIplus: German Emergency Preparedness Information System deNIS IIplus*. Hrsg. von ProDV. 2009 (siehe S. 30).

[91] Arthur Na und Mark Priest. „Sensor Observation Service: OpenGIS Implementation Standard“. In: (2007). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 96).

[92] Ulrich Natke. *IG NRW: Das Informationssystem Gefahrenabwehr Nordrhein-Westfalen: LDVZ Nachrichten 2/2006*. 2006. URL: http://www.idf.nrw.de (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 32).

[93] Ulrich Natke. *LDVZ-Nachrichten 2/2008_5: STABOS@IG NRW*. Hrsg. von LDS NRW. 2008. (Besucht am 14. 04. 2010) (siehe S. 34).

[94] Ulrich Natke. *Projekt: IG NRW Informationssystem Gefahrenabwehr NRW: Benutzerhandbuch*. Hrsg. von Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik. 2007. URL: https://www.ig.nrw.de (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 32).

[95] C. Neusser. *2007-04-18 Kurzinformation deNIS IIplus DIN A 4 flyer: Die wichtigsten Funktionen im Überblick*. Hrsg. von Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. 1.02.2007. URL: http://www.bbk.bund.de (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 30).

[96] *Notfallmanagement: BSI-Standard 100-4 zur Business Continuity*. [Version 1.0, Stand: November 2008]. Unternehmen und Wirtschaft. Köln: Bundesanzeiger, 2009. ISBN: 9783898176934. URL: http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3099909&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm.

[97] M. Nottingham und Sayre R. *The Atom Syndication Format: RFC 4287*. Hrsg. von IETF. 2005. URL: http://www.ietf.org/rfc/rfc4287.txt (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 94).

[98] OASIS SOA-RM Technical Committee. „Service Oriented Architecture Reference Model". In: (2006) (siehe S. 81).

[99] OMG. „OMG Unified Modeling Language (OGM UML), Superstructure: Version 2.3". In: (2010). (Besucht am 22. 01. 2011) (siehe S. 14, 51).

[100] OMG. „OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Infrastrukture: Version 2.3". In: (2010). (Besucht am 22. 01. 2011) (siehe S. 14, 51).

[101] Open Geospatial Consortium. *Open Geospatial Consortium Webseite*. Hrsg. von Open Geospatial Consortium. 2011. URL: http://www.opengeospatial.org (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 65).

[102] Open Geospatial Consortium. „OpenGIS Simple Feature Specification for SQL: Revision 1.1". In: (1999). (Besucht am 17. 03. 2011) (siehe S. 109–112).

[103] T. Ott und F. Swiaczny. *Time-integrative geographic information systems: management and analysis of spatio-temporal data*. Springer, 2001. ISBN: 9783540410164. URL: http://books.google.de/books?id=0Yvg_PErYRkC (siehe S. 107).

[104] P. Panagiotis und A. Vretanos. „OWS-4 GeoDDS Mass Market (formerly GeoRSS) Interoperability Program Report: OGC 07-004". In: (2007).

[105] George Percivall. „OGC Reference Model". In: (2008). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 88, 96).

[106] George Percivall. „The OpenGIS Abstract Specification: Topic 7: The Earth Imagery Case". In: (2004). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 86).

[107] D. Peuquet und L. Qian. „An Integrated Database Design for Temproal GIS: Proceedings, Seventh International Symposium on Spatial Data Handling". In: (1996) (siehe S. 106).

[108] D. J. Peuquet. „Making Space for Time Issues in Space-Time Data Representation“. In: *Geoinformatica* (2001).

[109] Donna J. Peuquet. *Representations of space and time.* New York, NY: Guilford Press, 2002. ISBN: 1572307730.

[110] J. Piaget. *The child's conception of time.* Basic Books, 1970. URL: http://books.google.de/books?id=-BR-AAAAMAAJ (siehe S. 103).

[111] C. Pracht. *Knowledge Management und Groupware.* GRIN Verlag GmbH, 2008. ISBN: 9783640115617. URL: http://books.google.de/books?id=t2fFt3eLCXkC (siehe S. 147).

[112] Leonard Richardson und Sam Ruby. *RESTful web services: [web services for the real world].* Beijing: O'Reilly, 2007. ISBN: 978-0-596-52926-0. URL: http://paperc.de/5170-restful-web-services-9780596515218 (siehe S. 78).

[113] W. Riggert. *Betriebliche Informationskonzepte.: Von Hypertext zu Groupware.* Vieweg, 2000. ISBN: 9783528156626. URL: http://books.google.de/books?id=2uylPQAACAAJ (siehe S. 147).

[114] W. Riggert. „Dokumentenmanagement“. In: (2008). (Besucht am 17. 03. 2011) (siehe S. 150).

[115] RSS Advisory Board. *RSS 2.0 Specification (version 2.0.11).* URL: http://www.rssboard.org/rss-specification (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 90, 91).

[116] Sam Ruby. *RSS 2.0 und Atom 1.0 im Vergleich (Sam Ruby et al.) – Übersetzung von Jens O. Meiert.* 1.01.2011. URL: http://meiert.com/de/publications/translations/intertwingly.net/rss-2.0-and-atom-1.0/ (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 92, 98).

[117] Sahana Projekt. *SAHANA - Free and Open Source Disaster Management System.* URL: http://www.sahana.lk (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 47).

[118] Sahana Projekt. *Sahana Information Library.* 2009. URL: http://wiki.sahana.lk/doku.php?id=start (besucht am 15. 11. 2009).

[119] Sebastian Schäfer. *Vernetzte Operationsführung (NetOpFü): Eine Einführung.* Hrsg. von Luftwaffenamt Ateilung Weiterentwicklung. 2005. (Besucht am 24. 10. 2010) (siehe S. 117).

[120] F. Schröder. *Publicatie NEREF.* 2005. (Besucht am 21. 06. 2009).

[121] A. Schultze u. a. „FlIWAS-LE: Landesweite Einführung des Flut-Informations- und -Warnsystems in Baden-Württemberg“. In: (2008) (siehe S. 24).

[122] J. Sermersheim. *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): The Protocol: RFC 4511.* Hrsg. von IETF. 2006. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc4511#section-4.3 (besucht am 31. 03. 2011) (siehe S. 66).

[123] Shih-Lung Shaw und Hongbo Yu. *Towards a GIS-based Analytical Time-geographic Framework for Physical and Virtual Activities.* 31.03.2009. URL: http://web.utk.edu/~sshaw/NSF-Project-Website/default.htm (besucht am 13. 06. 2009).

[124] David Shuping und William Wright. *Geo-Temporal Visualization of RFID - Articles.* 13.06.2009. URL: http://www.directionsmag.com/article.php?article_id=951 (besucht am 13. 06. 2009).

[125] Jörg Siebeck. *Concepts for the representation, storage, and retrieval of spatio-temporal objects in 3D/4D geo-information-systems.* Bonn: Sekretariat für Forschungsberichte Inst. für Informatik III, 2003.

[126] M. Smith und T. Howes. *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): Uniform Resource Locator: RFC 4516.* Hrsg. von IETF. 2006. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc4516 (besucht am 01. 02. 2011).

[127] G. Starke. *Effektive Software-architekturen: Ein praktischer Leitfaden.* Hanser Fachbuchverlag, 2009. ISBN: 9783446420083.

URL: http://books.google.de/books?id=5Y-93b8rCi8C (siehe S. 18).

[128] N. Stein. *Newsletter 2006-8: deNIS II plus — Rechnergestütztes Krisenmanagement bei Bund und Ländern*. Hrsg. von Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. 2006. URL: http://www.bbk.bund.de (besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 22, 30).

[129] Swissphone Systems GmbH. „Feuerwehr- und Rettungsleitstelle (FRL) des Rhein-Sieg-Kreises (D)“. In: (2008) (siehe S. 37).

[130] Andrew S. Tanenbaum. *Computernetzwerke*. 3., überarb. Aufl., [3. Nachdr.] München: Pearson Studium, 2002. ISBN: 3827370116. URL: http://www.gbv.de/dms/hebis-darmstadt/toc/108856704.pdf.

[131] Andrew S. Tanenbaum und Uwe Baumgarten. *Moderne Betriebssysteme*. 2., überarb. Aufl., [10. Nachdr.] /. München: Pearson Studium, 2008. ISBN: 3827370191 (siehe S. 131).

[132] Xinming Tang. *Advances in spatio-temporal analysis*. Bd. 5. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) book series. London u.a.: Taylor & Francis, 2008. ISBN: 978-0-203-93755-6.

[133] *The Strategic Power of OGC Standards - Directions Magazine*. 2008. URL: http://www.directionsmag.com/articles/the-strategic-power-of-ogc-standards/122763 (besucht am 10. 04. 2011) (siehe S. 81).

[135] Silvia Thies. „Content-Interaktionsbeziehungen im Internet“. Diss. Wiesbaden, Kiel: Univ, 2004. URL: http://www.gbv.de/dms/zbw/479057850.pdf (siehe S. 91).

[136] Sven Thomsen und Martin Rost. „Zentraler Protokollservice“. In: *Datenschutz und Datensicherheit - DuD* 30.5 (2006), S. 292–294.

[137] Dirk H. Traeger und Andreas Volk. *LAN: Praxis lokaler Netze*. 4., überarb. und erg. Stuttgart: Teubner, 2002. ISBN: 3-519-36189-2.

[138] United Nations. *About UN-Spider*. Hrsg. von Office for Outer Space Affairs. 13.11.2010. URL: http://www.oosa.unvienna.org/oosa/unspider/index.html (besucht am 13. 11. 2010).

[139] United Nations. *UN Spider Knowledge Portal: United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response*. Hrsg. von UN Spider. 2010. URL: http://www.un-spider.org/?lf=1090&lng=en (besucht am 13. 11. 2010).

[140] Verfassungsschutzbehörden des Bundes und der Länder. *Sicherheitslücke Mensch: Der Innentäter als größte Bedrohung für die Unternehmen*. 2010. (Besucht am 14. 11. 2010) (siehe S. 132).

[141] G. Versteegen und A. Heßeler. *Anforderungsmanagement*. Springer, 2003. ISBN: 9783540009634. URL: http://books.google.de/books?id=WHgFzX-h7u4C.

[142] W3C. *Platform for Internet Content Selection (PICS)*. 20.11.2009. URL: http://www.w3.org/PICS/ (besucht am 27. 01. 2011) (siehe S. 93).

[143] W3C. *SOAP Specifications*. Hrsg. von W3C. 2007. URL: http://www.w3.org/TR/soap/ (besucht am 03. 02. 2011) (siehe S. 79).

[144] Monica Wachowicz. *Object-oriented design for temporal GIS*. London: Taylor & Francis, 1999. ISBN: 0748408312 (siehe S. 105).

[145] Arliss Whiteside und Jim Greenwood. „OGC Web Services Common Standard: OGC Implementation Standard“. In: (2010). (Besucht am 17. 01. 2011) (siehe S. 82–84, 88).

[146] Kirsten Wolff. *Einführung des Informationssystems Gefahrenabwehr NRW*. Hrsg. von Innenministerium des Landes

Nordrhein-Westfalen. 2006. (Besucht am 15. 11. 2009) (siehe S. 30).

[147] T. Wolke. *Risikomanagement.* Oldenbourg, 2008. ISBN: 9783486587142. URL: http://books.google.de/books?id=W65s28uejs4C (siehe S. 18).

[148] World Wide Web Consortium. *World Wide Web Consortium Webseite.* Hrsg. von World Wide Web Consortium. 2011. URL: http://www.w3.org/ (besucht am 02. 02. 2011) (siehe S. 64).

[149] H. Wörn und U. Brinkschulte. *Echtzeitsysteme: Grundlagen, Funktionsweisen, Anwendungen.* Springer, 2005. ISBN: 9783540205883. URL: http://books.google.de/books?id=buVfb0IMxjkC (siehe S. 121).

[150] *X400 message handling: Standards, internetworking, applications.* Reprinted. Data communications and network series. Wokingham: Addison-Wesley, 1993. ISBN: 020156503X.

[151] C. Yu und D. Peuquet. „A GeoAgent-based framework for knowledge-oriented representation Embracing social rules in GIS“. In: *International journal of geographical information science* (2009).

[152] Hongbo Yu. *Exploring Potential Human Activities in Physical and Virtual Spaces: A Spatio-temporal GIS Approach.* Hrsg. von Oklahoma State University. 2006. (Besucht am 13. 06. 2009).

[153] Hongbo Yu und Shih-Lung Shaw Shaw. *Exploring potential human activities in physical and virtual spaces: A spatio-temporal GIS approach.*

[154] K. Zeilenga. *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): Technical Specification Road Map: RFC 4510.* Hrsg. von IETF. 2006. URL: http://tools.ietf.org/html/rfc4510 (besucht am 31. 01. 2011) (siehe S. 66).

[155] Alexander Zipf und Sven Krüger. *Ein objektorientierter Datenbank-Framework für temporale 3D-Geodaten.* 2001. URL: http:

//www.geographie.uni-bonn.de/karto/agit2001.temporal.3d.zipf.pdf (besucht am 14. 06. 2009).

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Listingverzeichnis

A. Fragenkatalog

Die Besichtigung der verschiedenen in Kapitel 2 beschriebenen Systeme basierte auf dem folgenden Katalog von Fragen:

1. Wie lautet der Name ihres Systems?
2. Für welchen Einsatzzweck wurde Ihr System entwickelt?
3. Wer sind die Nutzer Ihres Systems?
4. Welche Rollen werden in Ihrem System wahrgenommen?
5. Wo liegen die Stärken Ihres Systems?
6. Wo liegen die Schwächen Ihres Systems?
7. Worin bestehen die Grenzen Ihres Systems?
8. Auf welche Daten können Sie zurückgreifen?
9. Was zeichnet diese Daten aus?
10. Auf welche Techniken haben Sie Ihr GIS aufgesetzt?
11. Welcher Teil wurde speziell für Sie entwickelt?
12. Welche besonderen Anforderungen sind in die Entwicklung Ihres Systems eingegangen?
13. Gibt es besondere Sicherheitsanforderungen an Ihr System?
14. Welche Schnittstellen besitzt Ihr System?
15. Welche Zeitanforderungen werden Ihr System gestellt?

16. Wo und unter welchen Bedingungen wird Ihr System benutzt?
17. Wie viele Nutzer hat Ihr System?
18. Aus welchen Komponenten besteht Ihr System?
19. Wie ist Ihr System aufgebaut?

B. Tabellarische Erfassung der Anforderungen

Die nachfolgende Tabelle B.1 listet alle in Kapitel 4 beschriebenen funktionalen Anforderungen auf. Die Tabelle ist die Grundlage für die Verifikation der Architektur gegen die Anforderungen.

Das Schema für die Formulierung der Anforderung stützen sich Hull, Jackson und Dick [56, Seite 83 ff.] ab. Jede Anforderung wird kurz benannt, eindeutig nummeriert und referenziert das Kapitel in der sie definiert wurde.

Tabelle B.1.: Tabellarische Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Systemanforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
1	modular aufgebaut sein.	elementar	siehe Kapitel 4.1 Abgeleitete Anforderungen
2	Lagekarten darstellen können.	elementar	
3	Lagebearbeitung ermöglichen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.1 Lagebearbeitung
4	eine Kartenähnliche Darstellung besitzten.	elementar	
5	Ereignissen und Ressourcen darstellen können.	elementar	
6	ein Lagebearbeitungsmodul besitzen.	elementar	
7	ein Modul für die Auftragserstellung besitzen.	elementar	

⋮

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
8	Ressourcenverwaltung ermöglichen.	elementar	
9	Geographische Verortung von Ressourcen und Aufträgen unterstützen.	elementar	
10	mehrlagenfähig sein.	elementar	
11	das Beenden von Lagen unterstützen.	elementar	
12	Protokolle und Lageverlauf sicher und dauerhaft archivieren können.	Schnittstelle	
13	einen Modus für Normalbetrieb ("keine Lage") besitzen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
14	einen Gazeteer-Service zur rechnerunterstützen Verortung bereitstellen.	Schnittstelle	
15	Benutzer, Rollen und Rechte Management ermöglichen.	elementar	siehe Kapitel 4.2.2 Sicherheitstechnische Anforderungen
16	die zentrale Benutzerverwaltung ermöglichen.	elementar	
17	alle Aktionen sicher protokollieren.	elementar	
18	Redundanzen bereitstellen.	elementar	
19	Ausfallzeiten minimieren.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll. . .***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
20	Schnittstellen zu anderen gleich oder ähnlich gearteten Systemen bereitstellen.	Schnittstelle	siehe Kapitel 4.1.2 Räumliche Grenzen
21	Kommunikationsmittel zur Abstimmung bereitstellen.	Schnittstelle	
22	mehrere Sprachen in der GUI unterstützen.	elementar	
23	Kommunikation gemäß der Hierarchie ermöglichen.	Schnittstelle	siehe Kapitel 4.1.3 Kommunikation
24	Kommunikation innerhalb einer Rolle ermöglichen.	elementar	
25	Kommunikation mit Einsatzkräften ermöglichen.	Schnittstelle	
⋮			

. . .wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll. . .***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
26	Kommunikation mit der Bevölkerung ermöglichen.	Governance	
27	sichere Kommunikation ermöglichen.	Governance	
28	Adressverzeichnisse bereitstellen.	elementar	
29	eine Kontaktdatenbank bereitstellen.	elementar	
30	Echtzeit und asynchrone Kommunikation ermöglichen.	Schnittstelle	
31	Alarmierungspläne verarbeiten und speichern können.	elementar	
⋮			

. . .wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll. . .***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
32	echtzeitfähig sein.	elementar	
33	soll kurze Reaktionszeiten haben.	elementar	
34	die Sensorgestützte Erfassung und -auswertung unterstützen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.4 Zeitanforderungen
35	Informationen ebenengerecht aufbereiten.	elementar	
36	Verschneiden und Fusion von Sensorwerten mit dem Ziel der Validierung ermöglichen.	elementar	
37	Simulationsergebnisse verarbeiten können.	elementar	
38	Korrelation von Analyseergebnissen ermöglichen.	elementar	
⋮			

. . .wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll. . .***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
39	Automatisierte Vorauswertung und Filterung des Meldeaufkommens unterstützen.	elementar	
40	eine Dokumentenmanagement Komponente besitzen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.5 Dokumentenmanagement
41	Informationsbedürfnis der betroffenen Bevölkerung befriedigen.	Schnittstelle	
42	die Archivierung von Dokumenten sicherstellen.	elementar	
43	Halten verschiedener Stände (Versionen) eines Dokumentes ermöglichen.	elementar	
⋮			

. . .wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	Kategorie	Referenz
⋮			
44	Online Recherche nach Dokumenten unterstützen.	elementar	
45	die Freigabe- und Qualitätssicherungsprozesse unterstützen.	elementar	
46	die Vergabe von Berechtigungen ermöglichen.	elementar	
47	soll Übersichten führen.	elementar	
48	das Verknüpfen von Dokumenten mit anderen Dokumenten unterstützen.	elementar	
49	das Verknüpfen von Dokumenten mit allen Entitäten des Systems ermöglichen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
50	ein Modul zur Ressourcenverwaltung besitzen.	elementar	
51	GIS- und Ressourcenverwaltung integrieren.	elementar	
52	Personen, Material und Infrastruktur als Ressourcentypen unterstützen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.6 Ressourcenverwaltung
53	die Darstellen von Abhängigkeiten zwischen Ressourcen ermöglichen.	elementar	
54	die dezentrale Pflege von Datensätzen unterstützen.	elementar	
55	Ressourcen definieren können.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	Anforderung ***Das System soll...***	Kategorie	Referenz
⋮			
56	Verantwortlichkeiten für Ressourcen festlegen können.	elementar	
57	Verantwortlichkeiten für die Pflege der zugehörigen Datensätze festlegen können.	elementar	
58	Anzahl (Bestand), Kategorie, Status, Einsatzstatus, Ort und Erreichbarkeit festlegen können.	elementar	
59	Ressourcen mit anderen Entitäten des Geninformationssystemes verknüpfen können.	elementar	
60	die Verortung von Ressourcen interaktiv unterstützen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
61	Ressourcen sollen einen Einsatzstatus besitzen.	elementar	
62	ein Modul zur Nachrichtenverarbeitung besitzen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.7 Nachrichtenverarbeitung
63	die Verteilte Erfassung von Nachrichten ermöglichen.	elementar	
64	das Aufnehmen und Aufbereitung von Nachrichten ermöglichen.	elementar	
65	einen Nachrichtenticker integrieren.	elementar	
66	das Verorten von Nachrichten unterstützen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
67	das Darstellen von Nachrichten auf Kartenhintergrund ermöglichen.	elementar	
68	Nachrichten und Metadaten sollen archiviert werden.	elementar	
69	Import und Export Schnittstellen besitzen.		siehe Kapitel 4.1.8 Import- und Exportschnittstellen
70	mit anderen Systemen interagieren können.	Schnittstelle	
71	benutzergesteuerter Im- und Export Vorgänge unterstützen.	elementar	
72	automatisierter Prozesse für Im- und Export unterstützen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
73	global eindeutigen Schlüsseln verwenden.	elementar	
74	eindeutige Zeitstempel verwenden.	elementar	
75	die letzten Änderungen protokollieren.	elementar	
76	Bulkloads erlauben.	elementar	
77	transaktionale Logs erlauben.	elementar	
78	die Schnittstellen und -formate sollen offen und wohldokumentiert sein.	elementar	
79	Im- und Exporte müssen protokolliert werden.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
80	ein GIS-Modul besitzen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.9 GIS Komponente
81	eine Kartendarstellung integrieren.	elementar	
82	soll Filter unterstützen.	elementar	
83	Einzelinformationen aggregieren können.	elementar	
84	dynamisches Ein- und Ausblenden von Entitäten unterstützen.	elementar	
85	eine Maßstabsabhängige Darstellung in verschiedenen Auflösungsstufen besitzen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
86	Bildern, die durch bildgebende Verfahren gewonnen wurden, verarbeiten und darstellen können.	elementar	
87	alle in der Datenbank hinterlegten und verorteten Entitäten sollen interaktiv abfragbar und darstellbar sein.	elementar	
88	Analysearbeitsplätze bereitstellen.	elementar	
89	die Lagedarstellung ermöglichen.	elementar	
90	Lagebilder sollen exportiert und ausgeben werden können.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
91	Hintergrundinformationen bereitstellen.	elementar	siehe Kapitel 4.1.9 Hintergrundinformationen
92	eine maßstabs- und auflösungsabhängige Darstellung besitzen.	elementar	
93	verschiedene Detaillierungsgrade unterstützen.	elementar	
94	die Verwendung von Elektor-optischen, Infrarot, Radar, Multi- und Hyperspektralbilder als Kartenhintergrund unterstützen.	elementar	
95	Vektorkartenhintergründe darstellen können.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
96	interaktives platzieren aller Entitäten auf den Kartenhintergrund ermöglichen.	elementar	
97	soll konfigurierbare Workflows unterstützen	elementar	siehe Kapitel 4.1.10 Workflow
98	soll spezielle Eingabemasken bereitstellen.	elementar	
99	Farbe, Form, Größe und Anordnung der Eingabefelder müssen auf den jeweiligen Vorgang zurechtgeschnitten sein.	elementar	
100	die vorgangsgetriebe Vorgehensweise unterstützen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll. . .***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
101	Rollen implementieren.		
102	die Rolle Disponent implementieren.	elementar	siehe Kapitel 4.1.10 Rollen
103	die Rolle Ressourcenverwalter implementieren.	elementar	
104	die Rolle Führungsstab implementieren.	elementar	
105	die Rolle Controller implementieren.	elementar	
106	die Rolle Analyse implementieren.	elementar	
107	die Rolle Gast implementieren.	elementar	

⋮

. . .wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
108	eine Stab Ansicht besitzen.		siehe Kapitel 4.1.10 Stab-Ansicht
109	den Überblick über Gesamtlage ermöglichen.	elementar	
110	Die Stab Ansicht soll der Startpunkt für Detail(an)fragen sein.	elementar	
111	Attributive Auswertung von Incidents ermöglichen.	elementar	
112	Statistische Auswertung von Incidents ermöglichen.	elementar	
113	Tabellarische Darstellung der Auswerteergebnisse ermöglichen.	elementar	
114	Geographische Darstellung der Auswerteergebnisse ermöglichen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
115	Darstellen von dynamischen Entwicklungen und Trends über eine Zeitspanne hinweg unterstützen.	elementar	
116	die Belange IT-Sicherheit berücksichtigen.	Governance	
117	die Integrität der gespeicherten und verarbeiteten Informationen sicherstellen	Governance	siehe Kapitel 4.2.1 IT-Sicherheit
118	die Vertraulichkeit der gespeicherten und verarbeiteten Informationen sicherstellen.	Governance	
119	die Authentizität der gespeicherten und verarbeiteten Informationen sicherstellen.	Governance	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
120	die Verbindlichkeit der gespeicherten und verarbeiteten Informationen sicherstellen.	Governance	
121	die Verlässlichkeit der gespeicherten und verarbeiteten Informationen sicherstellen.	Governance	
122	Sicherheitstechnische Anforderungen berücksichtigen.	Governance	siehe Kapitel 4.2.2 Sicherheitstechnische Anforderungen
123	Benutzer Management erlauben.	elementar	
124	Rollen Management erlauben.	elementar	
125	Rechte Management erlauben.	elementar	
126	eine zentrale Verwaltung und Überwachung ermöglichen.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
127	eine zentrale Protokollierung implementieren.	elementar	
128	bei Totalausfall den Betrieb an einem anderen Ort aufnehmen können.	Governance	
129	bei Teilausfall den Betrieb durch Nutzen von Redundanzen weiterhin aufrechterhalten können.	elementar	
130	die Versionierung und Archivierung ermöglichen.	Governance	siehe Kapitel 4.2.3 Versionierung und Archivierung
131	alle verarbeiteten Datenbestände versionieren.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
132	alle Protokolle revisionssicher archivieren.	elementar	
133	bei Abschluss einer Lage alle Datenbestände revisionssicher archivieren.	elementar	
134	die Ort-Zeit-Korrelation unterstützen.	elementar	siehe Kapitel 4.3.1 Ort-Zeit-Korrelation
135	zu jeden Datensatz Datum der Erstellung des Datensatzes, Datum der letzten Änderung des Datensatzes, Datum der enthaltenen Information speichern.	elementar	
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	Kategorie	Referenz
⋮			
136	das Erkennen von Bewegungsmustern, Mustererkennung und die vorhersage zukünftiger Ereignisse unterstützen.	elementar	
137	die Korrelation von Ereignissen, ihrem Eintrittszeitpunkt und dem Ort des Geschehens muss interaktiv und systemunterstützt ermöglichen.	elementar	
138	soll der Web-2.0-Philosophie folgen.		
139	soll webbasierte Applikation bereitstellen.	elementar	siehe Kapitel 4.3.2 Web-2.0
⋮			

...wird auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der tabellarischen Erfassung der Anforderungen

lfd. Nr.	**Anforderung** ***Das System soll...***	**Kategorie**	**Referenz**
⋮			
140	Web-Standards (HTTP, TCP/IP, HTML, XML, etc.) nutzen.	elementar	
141	Web-Services nutzen.	elementar	
142	der geänderte Web 2.0 Nutzungsphilosophie Rechnung tragen: Benutzer Erstellen, Bearbeiten und Verarbeiten Inhalte quantitativ und qualitativ in einem entscheidendem Maße.	elementar	